Design of Beams due to Shear

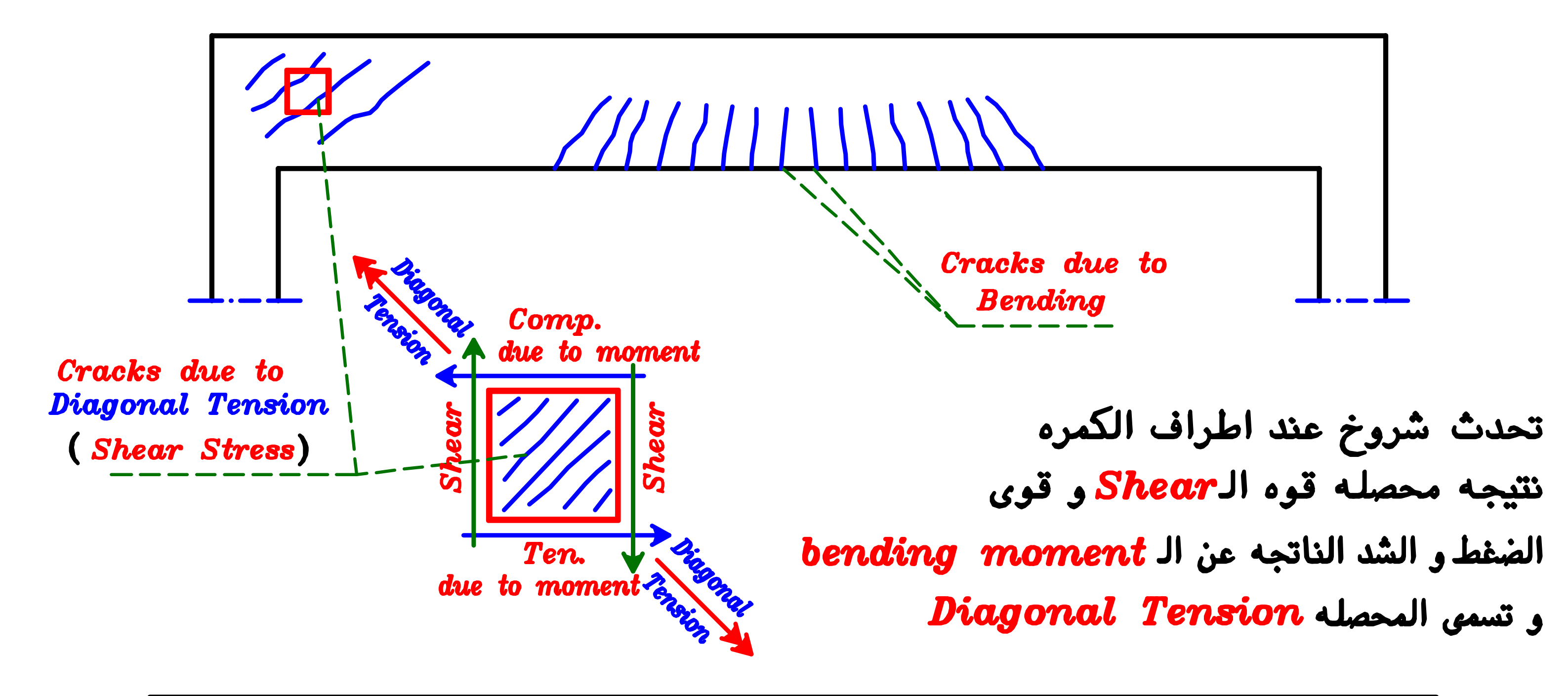
نسألكم الدعاء

*IF you download the Free **APP.*** RC Structures YASSER EL LEATHY *on your smart phone or tablet, you will be able to play illustrative movies For any paragraph that has a QR code icon*

اذا حملت تطبيق RC Structures YASSER EL LEATHY على تليفونك المحمول او اللوح السطحى ستستطيع أن تشغل أفلام شرح للمقاطع التى تحتوى على رمز

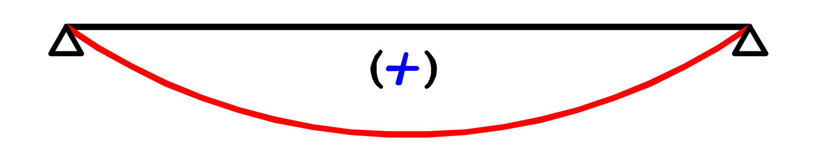
Design Beams due to Shear Table of Contents.

Shear Introduction.



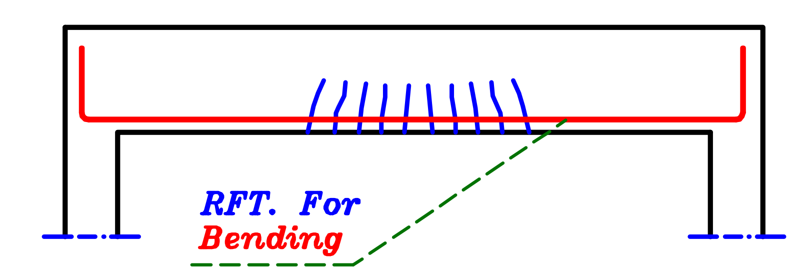
تحدث شروخ عند اطراف الكمره
نتيجه محصله قوه الـ**Shear** و قوى
الضغط و الشد الناتجه عن الـ **bending moment**
و تسمى المحصله **Diagonal Tension**

و لمقاومه زياده عرض و عمق الشرخ نضع تسليح عمودى على الشرخ

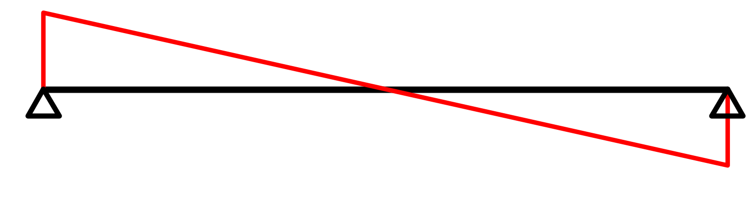




عند منتصف الكمره **B.M. = Max.**
S.F. = Zero



اذا الشروخ الموجوده فى المنتصف
تكون نتيجه الـ **bending moment**
نضع حديد أفقى فى منتصف الكمره
لكى يكون عمودى على شروخ الـ **moment**



عند طرف الكمره **B.M. = Zero**
S.F. = Max.



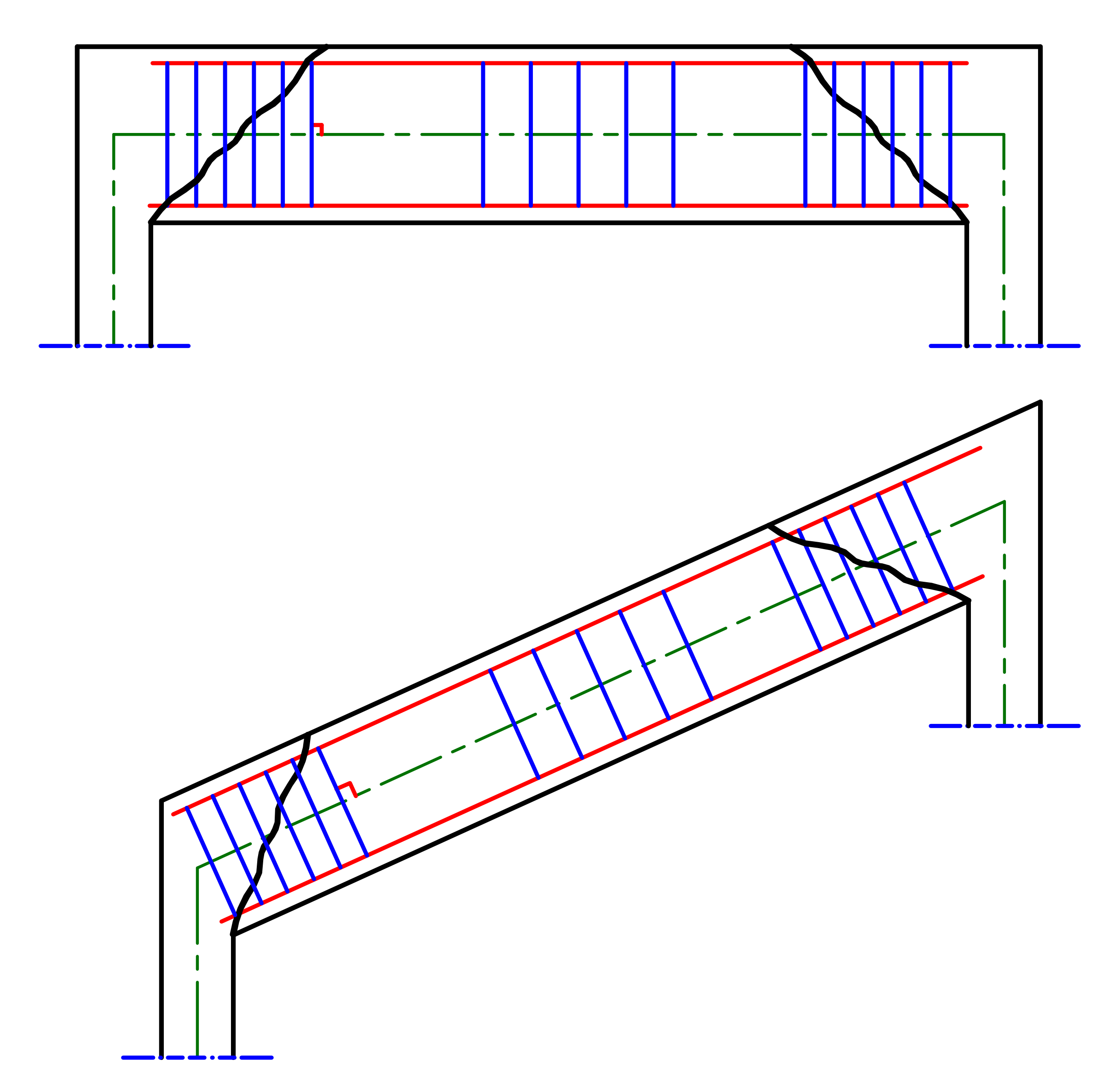
اذا الشروخ الموجوده فى الطرف
تكون نتيجه الـ **Shear**
نضع حديد مائل بزاويه °٤٥ فى طرف الكمره
لكى يكون عمودى على شروخ الـ **Shear**

Shear RFT.   تسليح ال Shear

يوجد عده أنواع من التسليح لمقاومه ال Shear

① Perpendicular Stirrups.✓✓

① كانات عموديه على ال C.L.



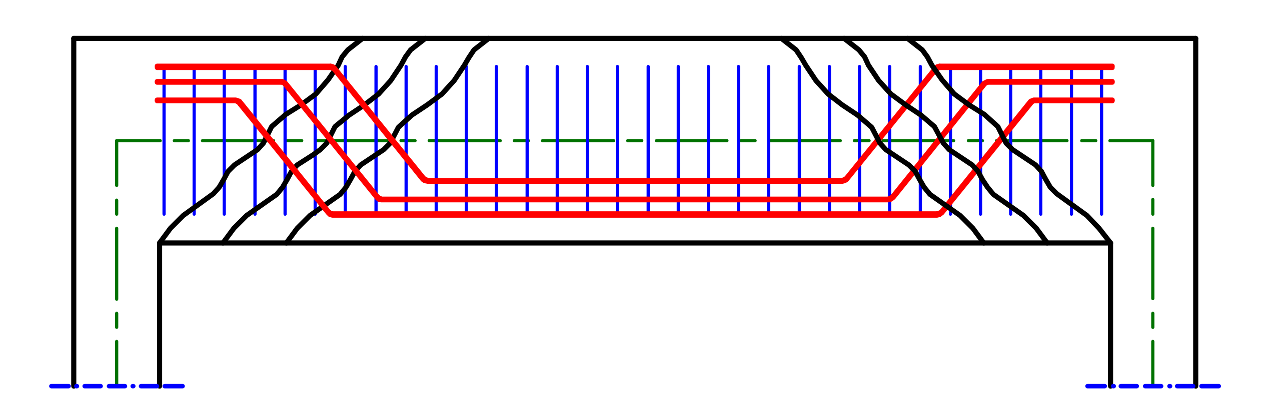
يتم عمل كانات عموديه على ال C.L. لانها اسهل فى التنفيذ

و لانها ليست عموديه على شروخ الShear اى ان مركبه الحديد هى التى تقاوم Shear

لذا غالبا ما نضطر لتكثيف الكانات عند الاطراف أى عند أكبر Shear

② Bent Bars + Vertical Stirrups.

٢ أسياخ مكسحه + كانات رأسيه



يتم تكسيح جزء من التسليح الرئيسى لل **moment** حتى يكون عمودى على شروخ ال **Shear**

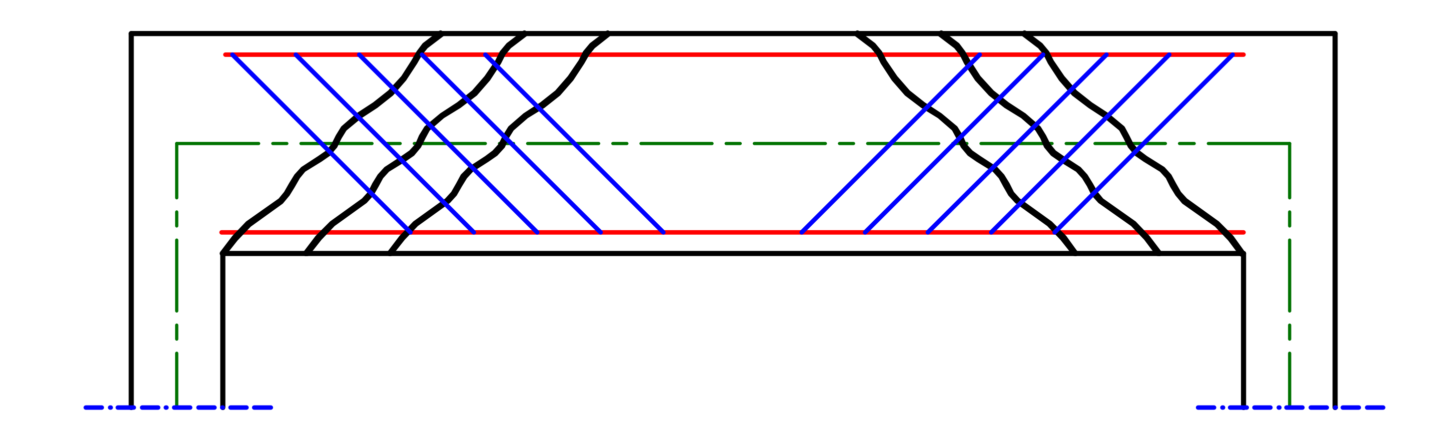
و بذلك يقاوم جزء كبير من ال**Shear**

و يتم وضع كانات و لكن بكثافات قليله لتقاوم باقى ال **Shear**

و لتعمل على تربيط الحديد .

③ Inclined Stirrups.

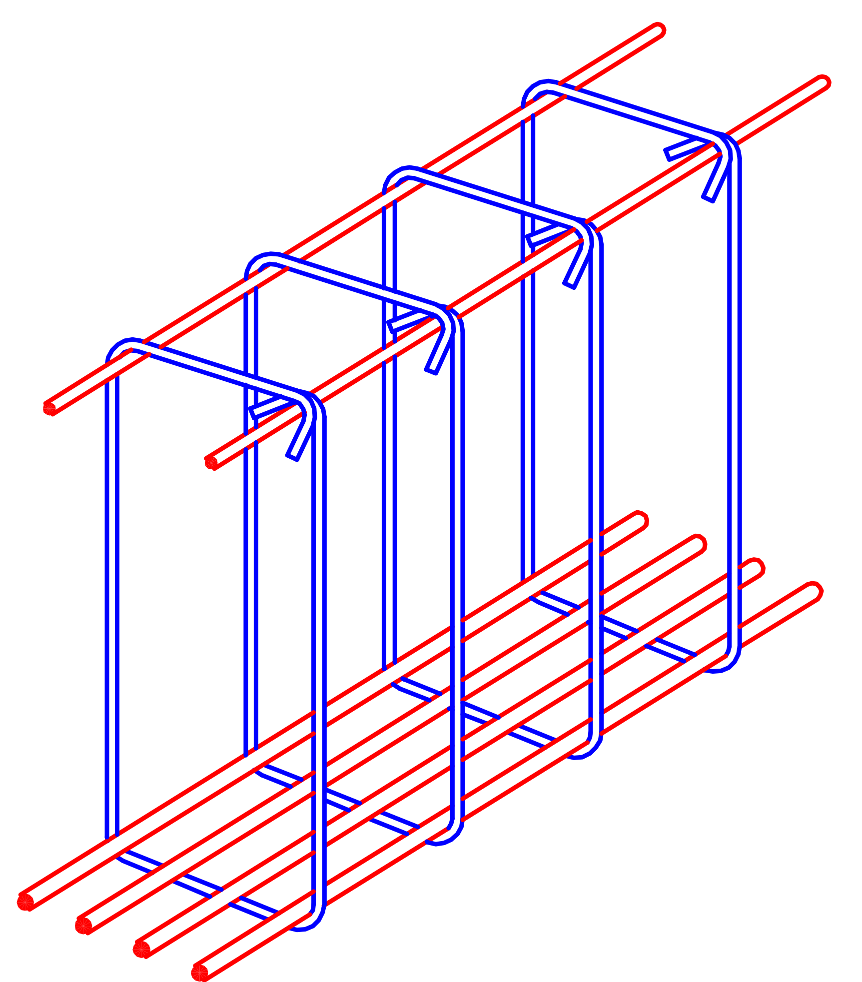
٣ كانات مائله على ال C.L.



و تكون مائله لتصبح عموديه على الشرخ فتقاوم **Shear** أكبر

و لكنها صعبه جدا فى التنفيذ .

Vertical Stirrups Conditions.





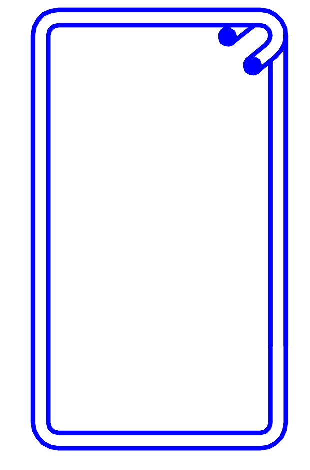
الكانات العموديه لها وظيفتان رئيسيتان :

١ـ تقاوم الـ **Shear** المؤثر على الكمره .

٢ـ تعمل على ربط الحديد كله مع بعض و عمل قفص حديد

عاده نأخذ نوع حديد الكانات **Mild Steel**

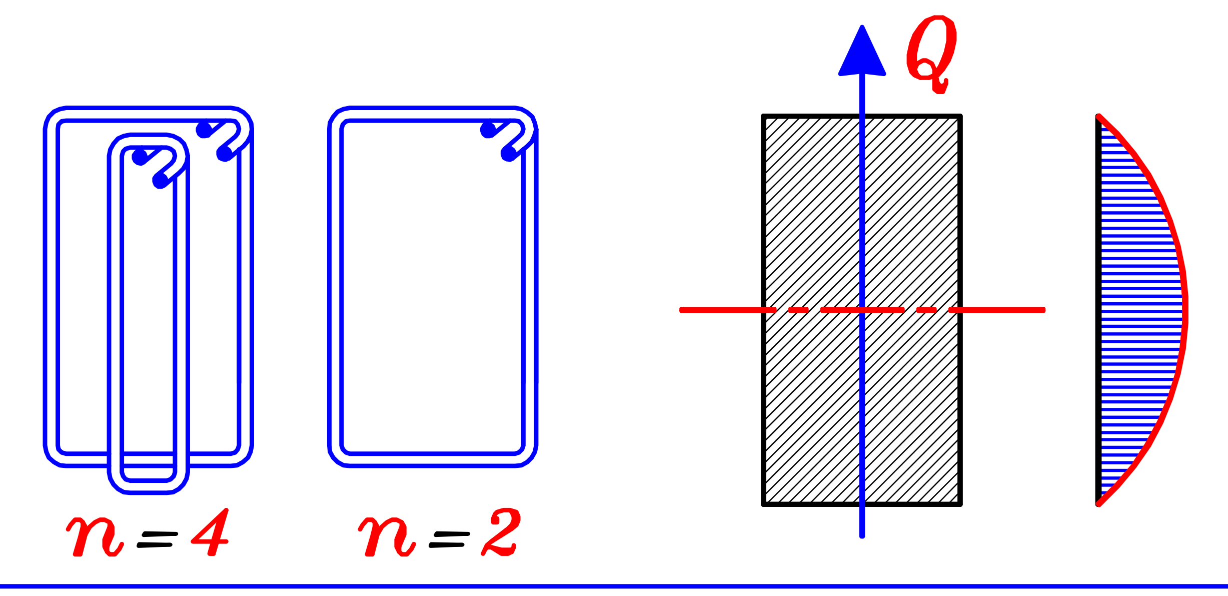
حتى يسهل على الحداد تشكيل سيخ الكانه .



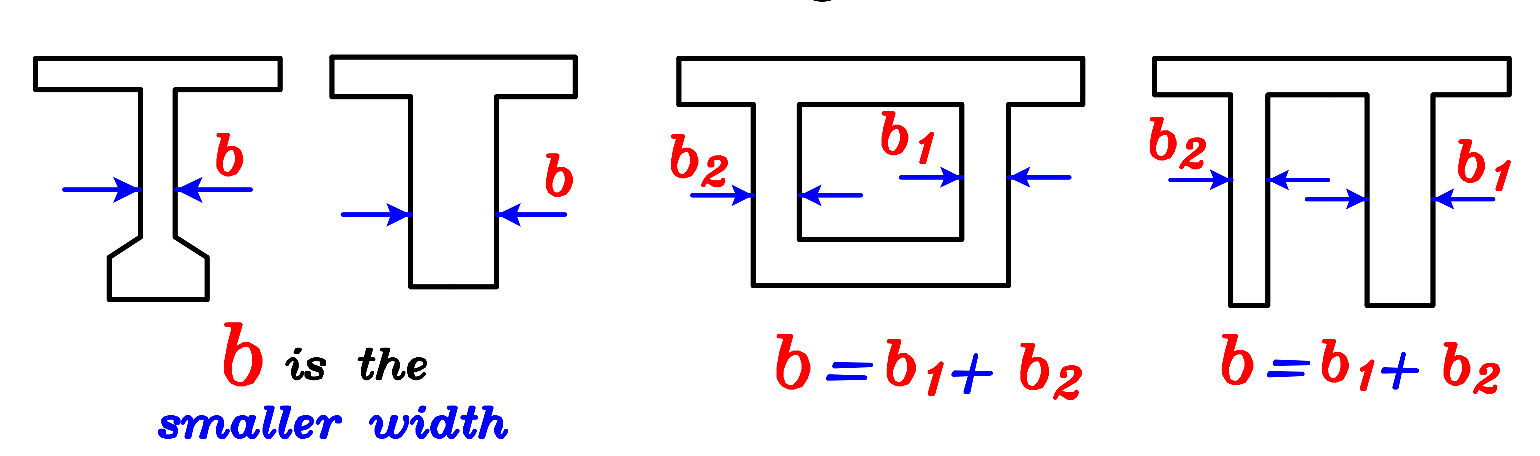
Take $$F_{y_{(Stirrups)}} = 240 \; N \backslash mm^2$$

مالم يتم ذكر خلاف ذلك

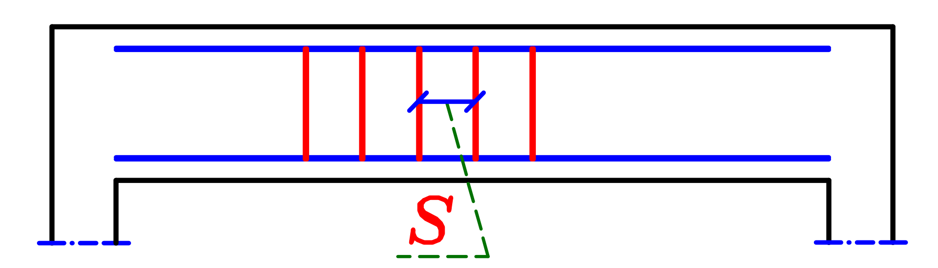
n هو عدد فروع الكانه التى تقاوم Shear



b هى أقل عرض موجود فى القطاع لكى يكون عنده اكبر Stress



S هى المسافه بين كل كانه و التى تليها فى الاتجاه الطولى للكمره .



$S_{max.} = 200\ mm$

أقل عدد كانات فى المتر الطولى = ٥ / متر

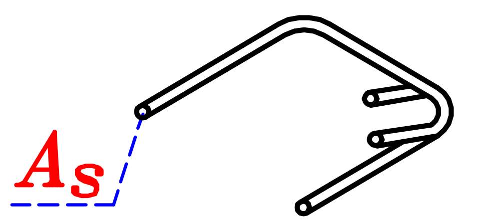
و لا تقل عن ٥ كانات فى المتر الطولى حتى تستطيع ان تمنع حدوث buckling لاسياخ الحديد الموضوعه جهه الضغط.

$S_{min.} = 100\ mm$

أكبر عدد كانات فى المتر الطولى = ١٠ / متر

يفضل ان لا يزيد عدد الكانات فى المتر الطولى عن ١٠ كانات حتى لا تعيق صب الخرسانه .

هى مساحه سطح السيخ الواحد من الكانه A_s .



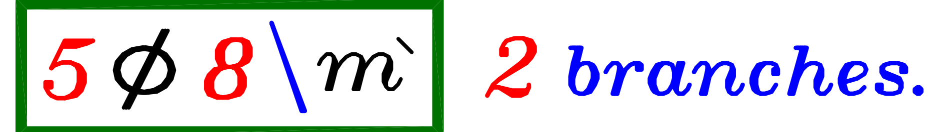
يفضل ان يكون قطر الكانه صغير $\phi 8 \text{ or } \phi 10$ حتى يسهل على الحداد تشكيل سيخ الكانه .

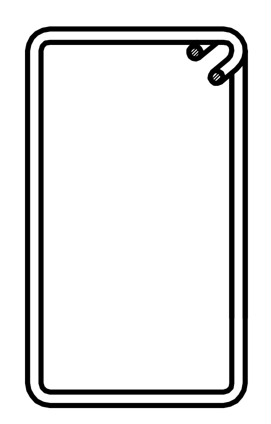
$$\text{IF using } \phi 8 \longrightarrow A_s = \frac{\pi * 8.0^2}{4} = 50.3 \, mm^2$$

$$\text{IF using } \phi 10 \longrightarrow A_s = \frac{\pi * 10.0^2}{4} = 78.5 \, mm^2$$

---

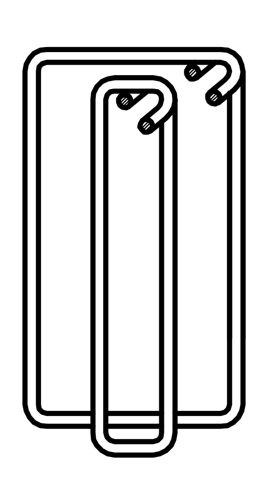
min. Stirrups. أقل كانات ممكن وضعها فى الكمره





max. Stirrups. أقل كانات ممكن وضعها فى الكمره

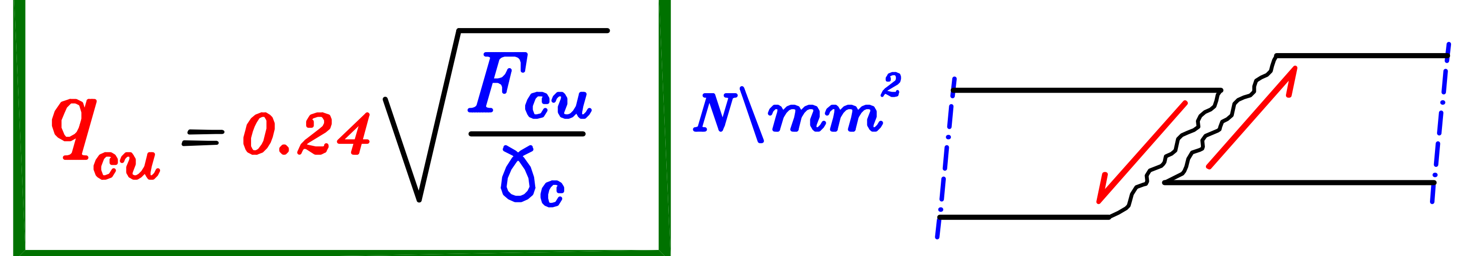




Allowable Shear Stresses For Concrete.

إجهادات القص التى تتحملها الخرسانه

Nominal Ultimate concrete resistance. (q_{cu})



$$q_{cu} = 0.24 \sqrt{\frac{F_{cu}}{\gamma_c}} \quad N\backslash mm^2$$

هو إجهاد القص الذى تتحمله الخرسانه بدون تسليح للقص .

و عند تصميم الكانات لزياده معامل الامان نفترض أن الخرسانه تتحمل نصف هذه القيمه

أى أن الخرسانه تتحمل بدون تسليح $\frac{q_{cu}}{2}$

$$q_{cu} = 0.16 \sqrt{\frac{F_{cu}}{\gamma_c}} \quad N\backslash mm^2$$ للكمرات المدفونه و القواعد و البلاطات

Nominal Ultimate maximum shear strength. (q_{Umax})

$$q_{Umax} = 0.70 \sqrt{\frac{F_{cu}}{\gamma_c}} \leqslant 3.0 \quad N\backslash mm^2$$

هو إجهاد القص الذى يتحمله القطاع مع وجود أكبر كانات ممكنه

و يجب أن لا يتعدى اجهاد الـ **shear** على الخرسانه هذه القيمه حتى نتفادى

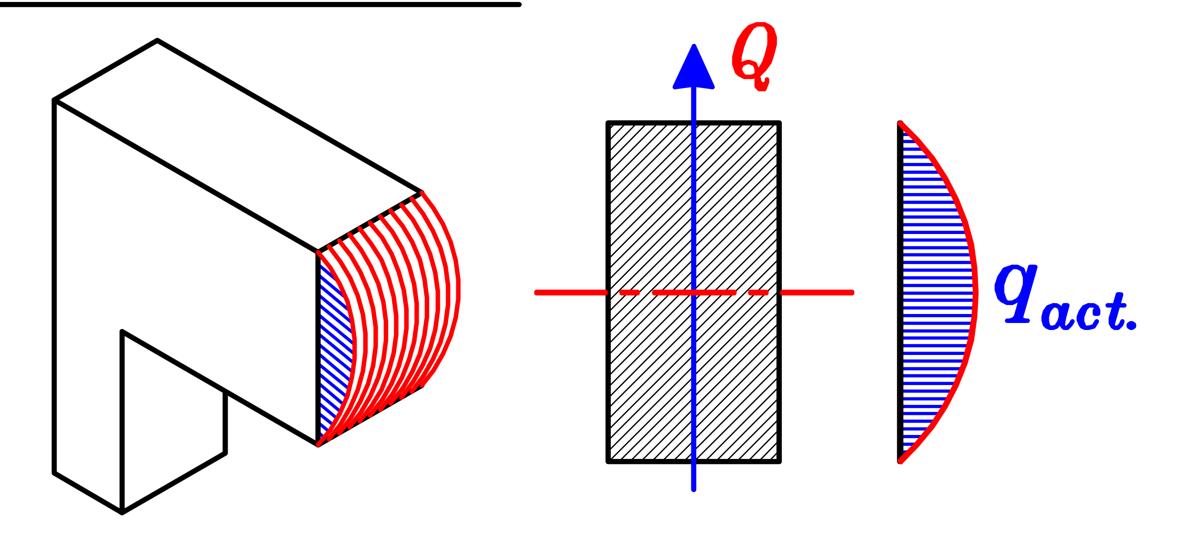
وجود شروخ كثيره ناتجه عن الـ **shear** مما يؤثر على استخدام الكمره .

To avoid excessive Shear cracks.

Actual Shear Stress.

اجهاد القص المؤثر على القطاع .

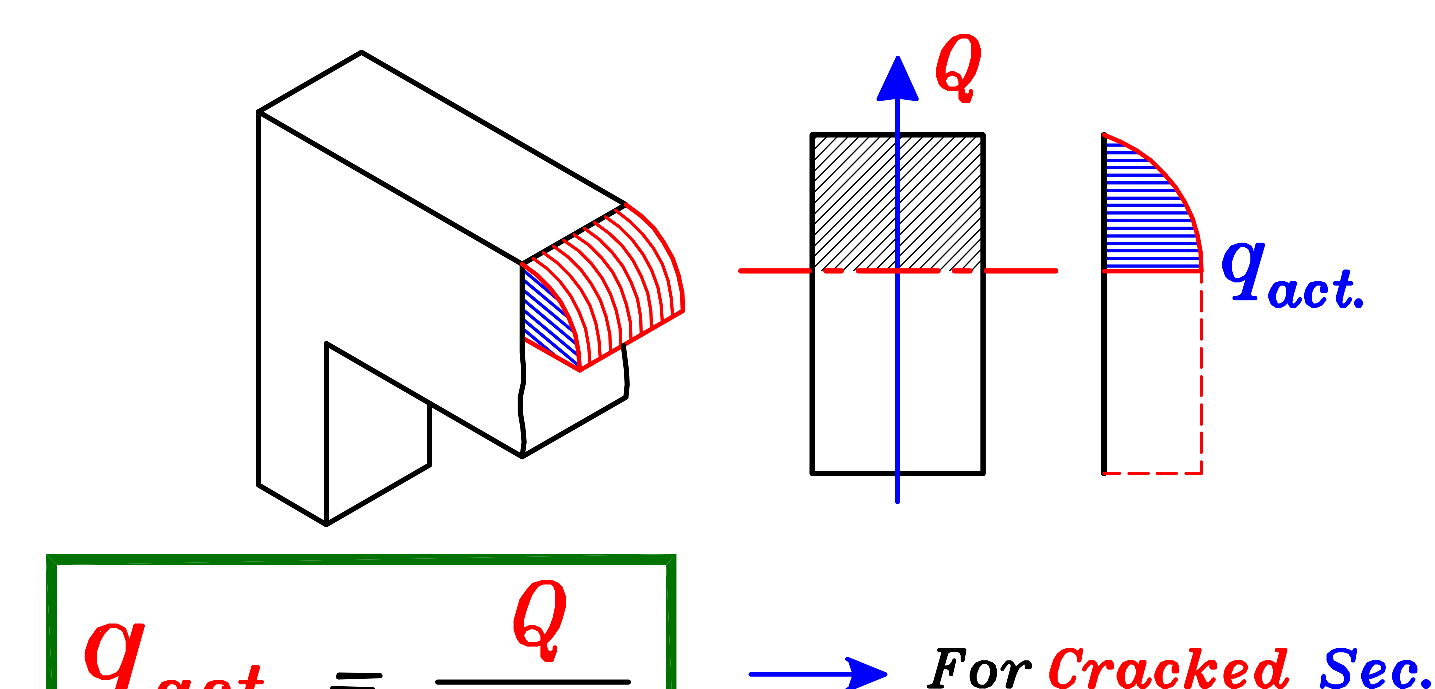
For Uncracked Sec.



$$q_{act.} = \frac{Q * S}{I * b}$$

→ For Uncracked Sec.

For Cracked Sec.



$$q_{act.} = \frac{Q}{b * d}$$

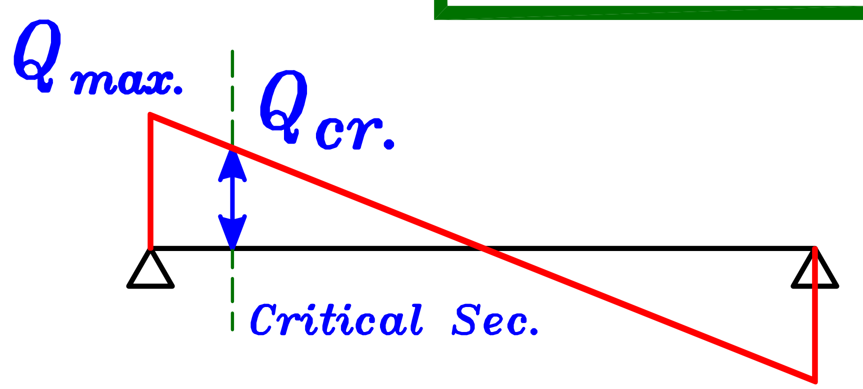
→ For Cracked Sec.

Actual Shear Stress.

According to New Egyptian Code.



Actual Shear Stress = $q_U = \frac{Q_{cr.}}{b\,d}$ $N\backslash mm^2$



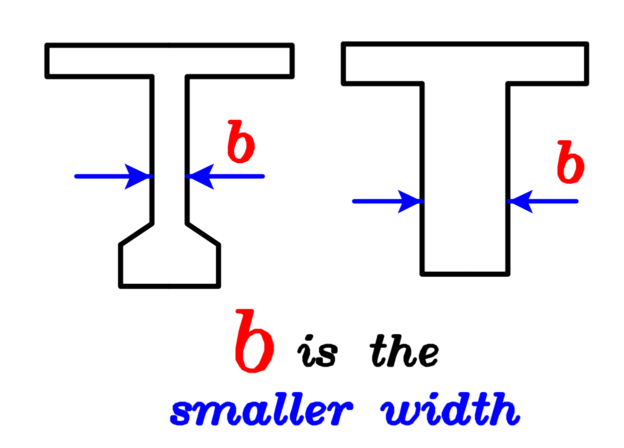
Where:

- $Q_{cr.}$ (N) = Shear Force at Critical Section.

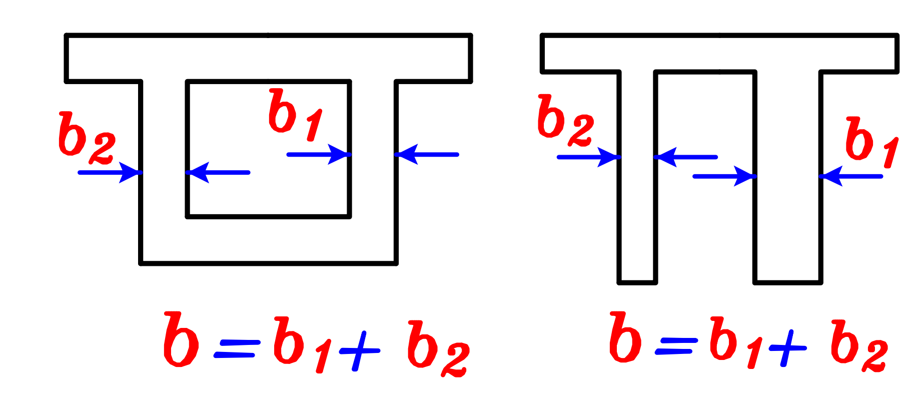
و عاده تؤخذ Q_{max} للتسهيل .

- d (mm) = Effective depth = $t - 50\,mm$
- b (mm) = min. width of the Section.

b أقل عرض للقطاع



b is the smaller width



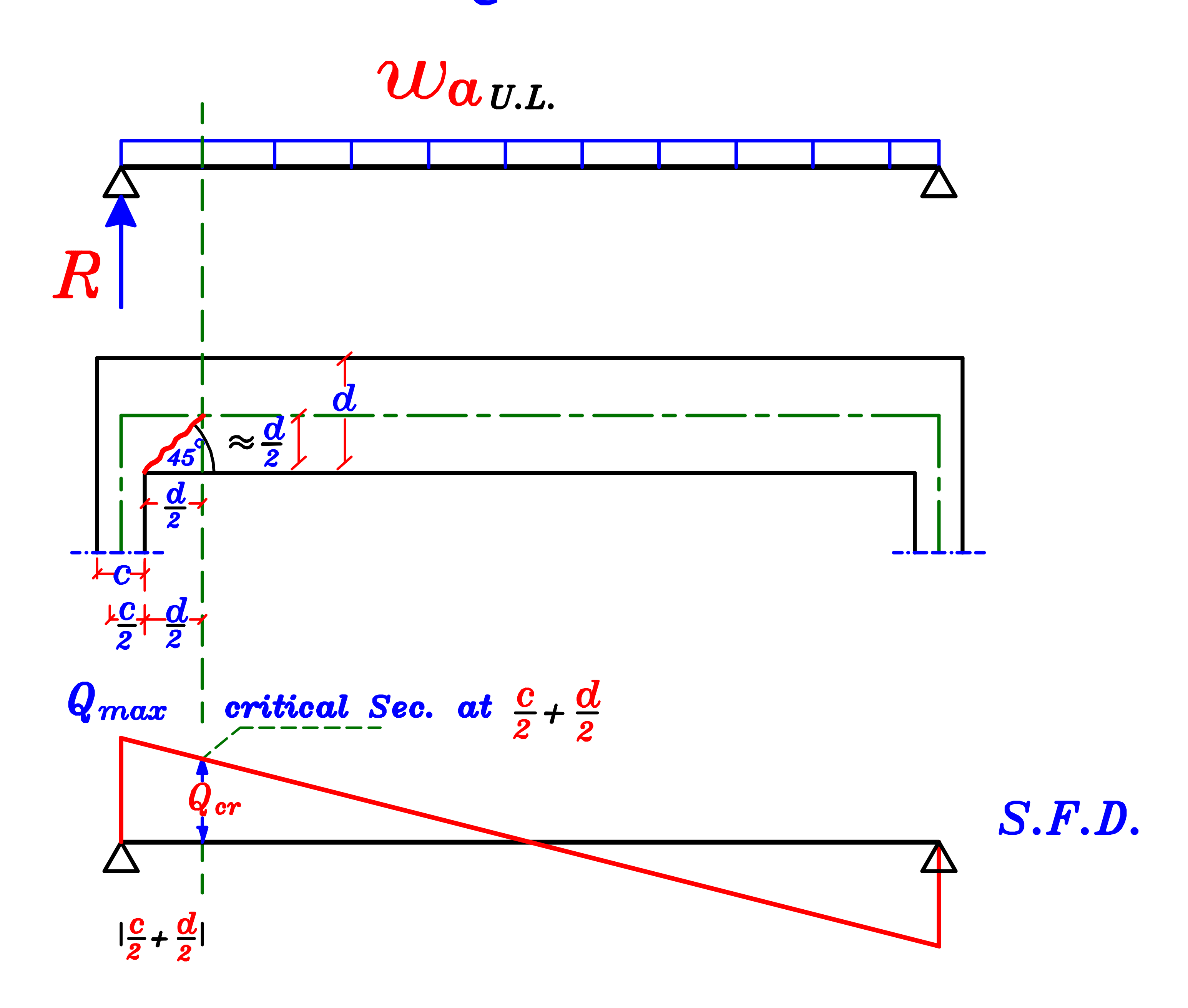
$b = b_1 + b_2$ $b = b_1 + b_2$

Critical Sections For Check of Shear.

Simple beam
or Continuous beam

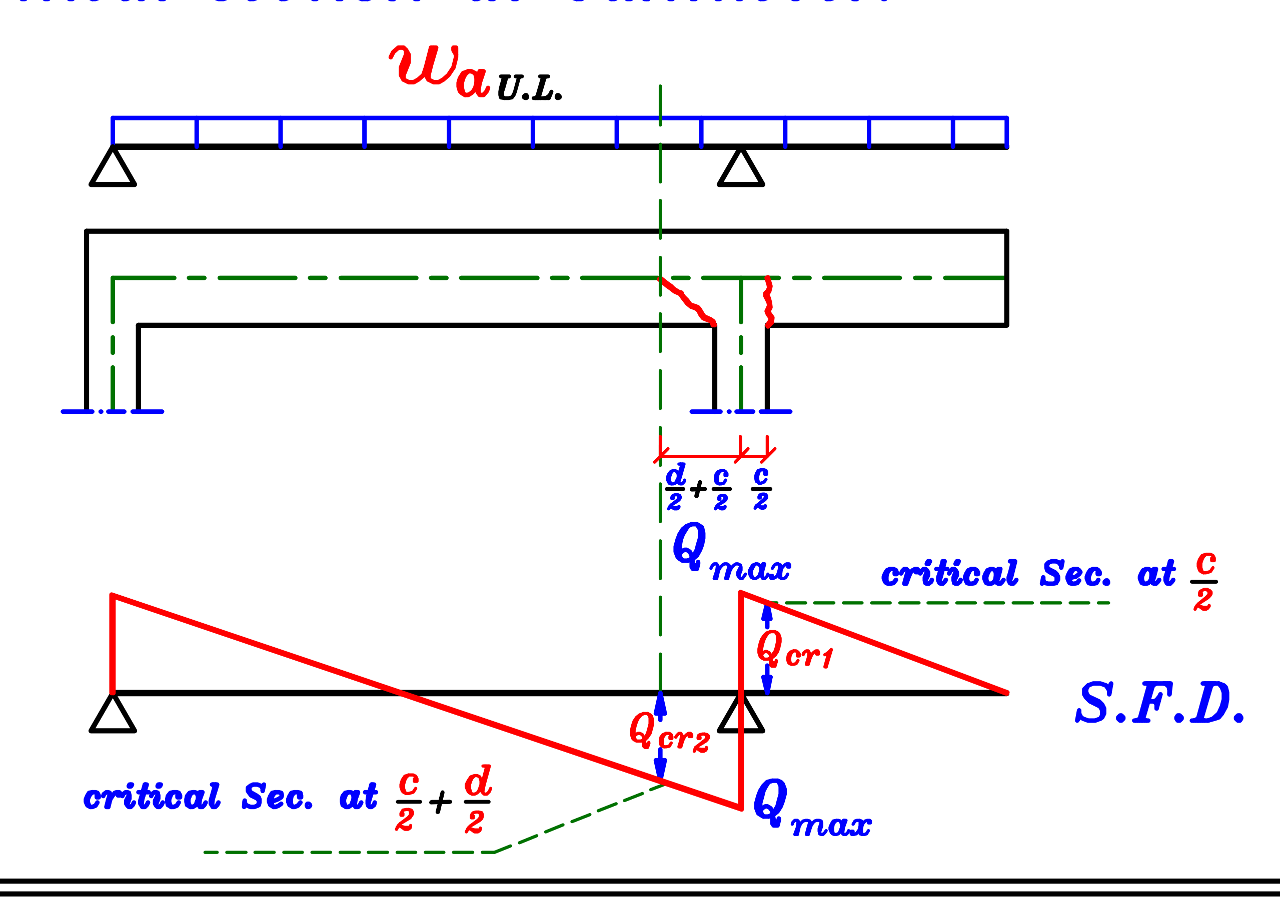
Check Shear يتم عمل
Critical Sections. عند ال

و هو عند أول نقطه سيحدث عندها شرخ عند ال C.L.



$$Q_{cr.} = R - w_a \left(\frac{c}{2} + \frac{d}{2} \right)$$

Critical section at Cantilever.



Critical section when the beam rested on tension member.

$w_{a\,U.L.}$

R

c

$\frac{c}{2}$

$$Q_{cr.} = R - w_a\left(\frac{c}{2}\right)$$

Q_{max} critical Sec. at $\frac{c}{2}$

Q_{cr}

S.F.D.

$\frac{c}{2}$

Critical Sections For Check of Shear.
For case of Concentrated Loads.

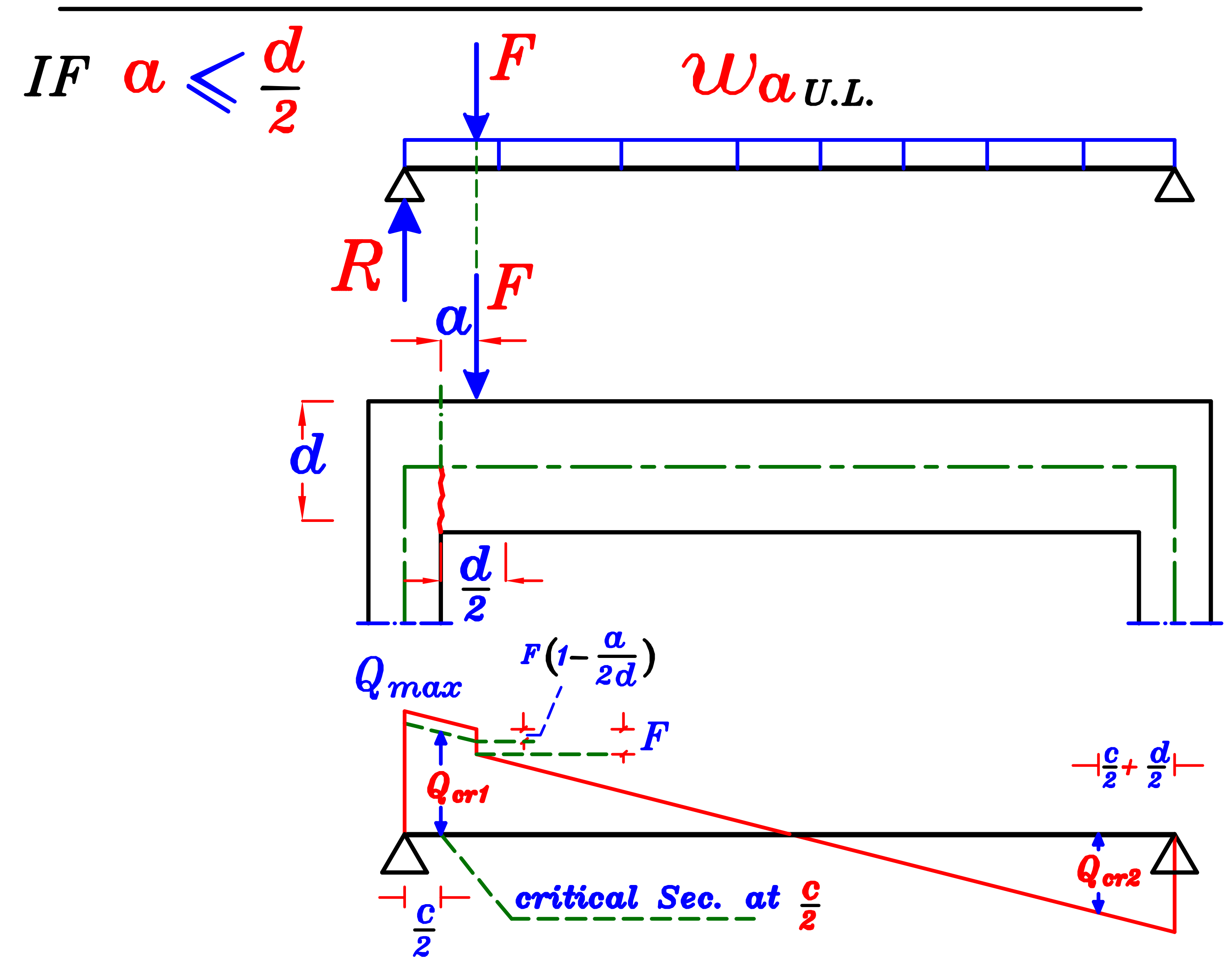
$$F_1 = F\left(\frac{a}{2d}\right)$$

$$F_2 = F - F_1 = F\left(1 - \frac{a}{2d}\right)$$

IF $a \geq 2d \rightarrow F_1 = F$

$F_2 = Zero$

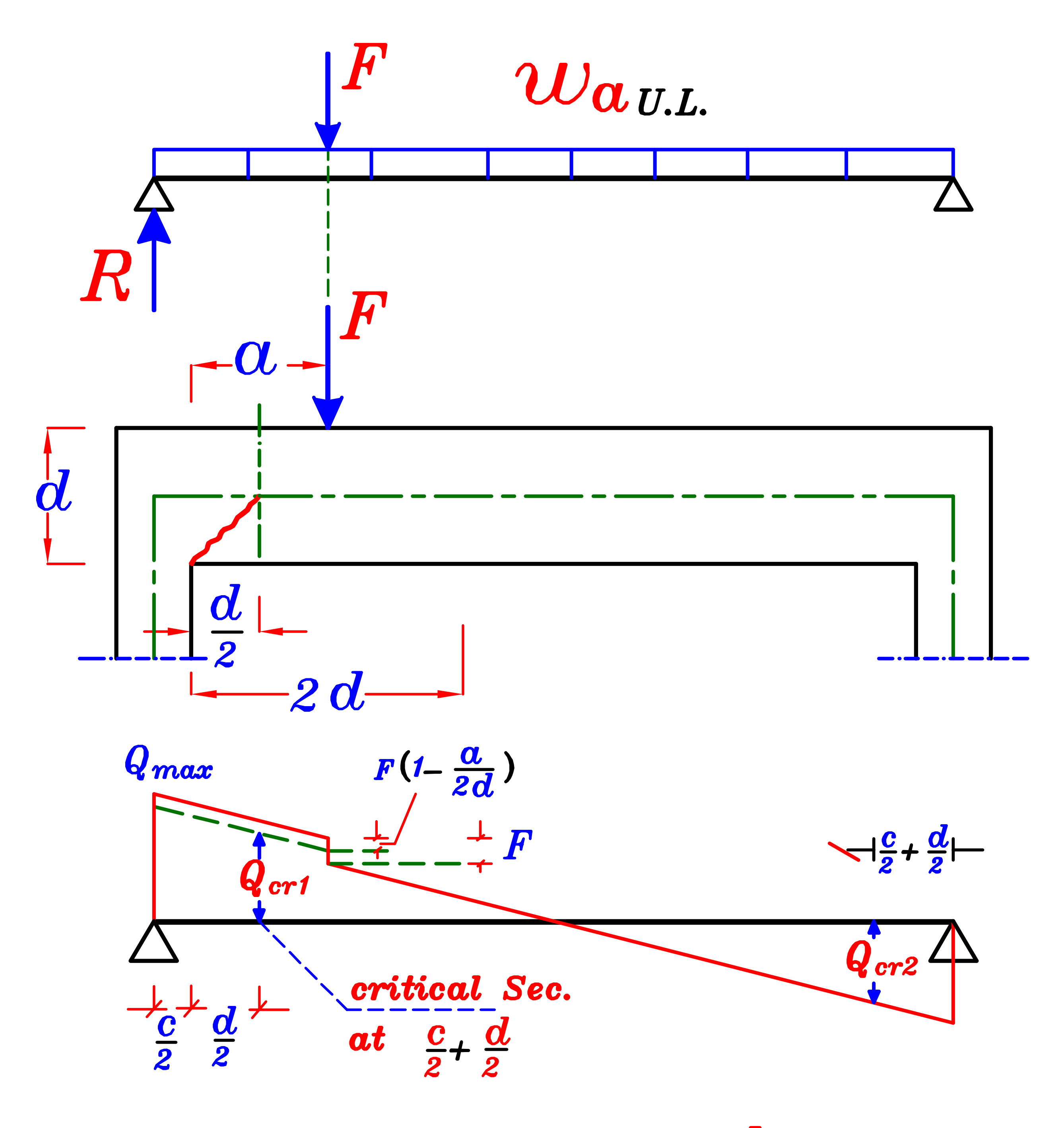
IF $a \leq \frac{d}{2}$



take Critical Sec. at $\frac{c}{2}$

$$Q_{cr1} = R - w_a \frac{c}{2} - F\left(1 - \frac{a}{2d}\right)$$

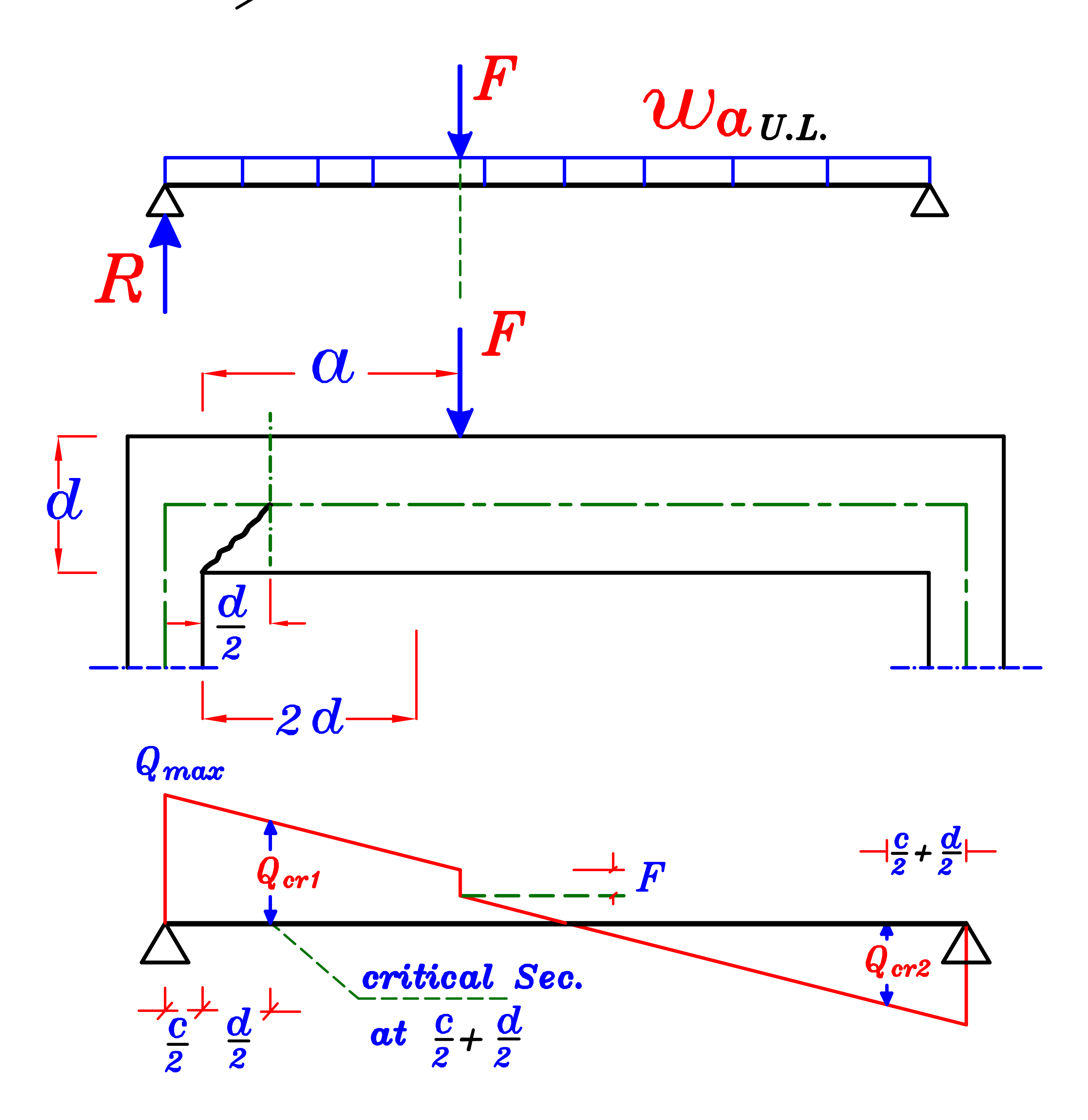
$$- \text{ IF } \frac{d}{2} < a < 2d$$



take Critical Sec. at $\frac{c}{2}+\frac{d}{2}$

$$Q_{cr1} = R - w_a\left(\frac{c}{2}+\frac{d}{2}\right) - F\left(1- \frac{a}{2d}\right)$$

– IF $a \geqslant 2d$



take Critical Sec. at $\frac{c}{2} + \frac{d}{2}$

$$Q_{cr1} = R - w_a\left(\frac{c}{2} + \frac{d}{2}\right)$$

Drawing Shear Stress Diagram For Beam with Constant Depth

d

b

Q_1 Q_2 Q_3 Q_4 Q_5

S.F.D.

Shear Force Diagram

S.S.D.

Shear Stress Diagram

$q_1 = \frac{Q_1}{bd}$ $q_2 = \frac{Q_2}{bd}$ $q_3 = \frac{Q_3}{bd}$ $q_4 = \frac{Q_4}{bd}$ $q_5 = \frac{Q_5}{bd}$

$$q = \frac{Q}{b\,d}$$

Q_{max} $Q_{cr.}$

S.F.D.

Shear Force Diagram

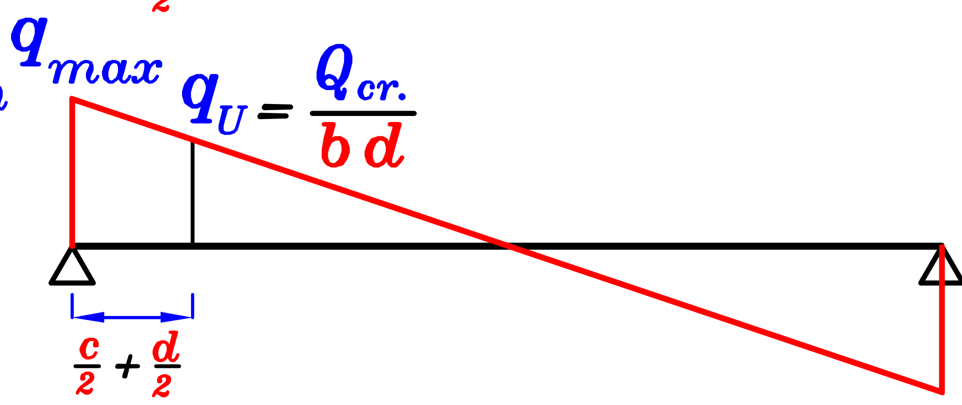
$\frac{c}{2} + \frac{d}{2}$

S.S.D.

Shear Stress Diagram

q_{max} $q_U = \frac{Q_{cr.}}{b\,d}$

$$q = \frac{Q}{b\,d}$$



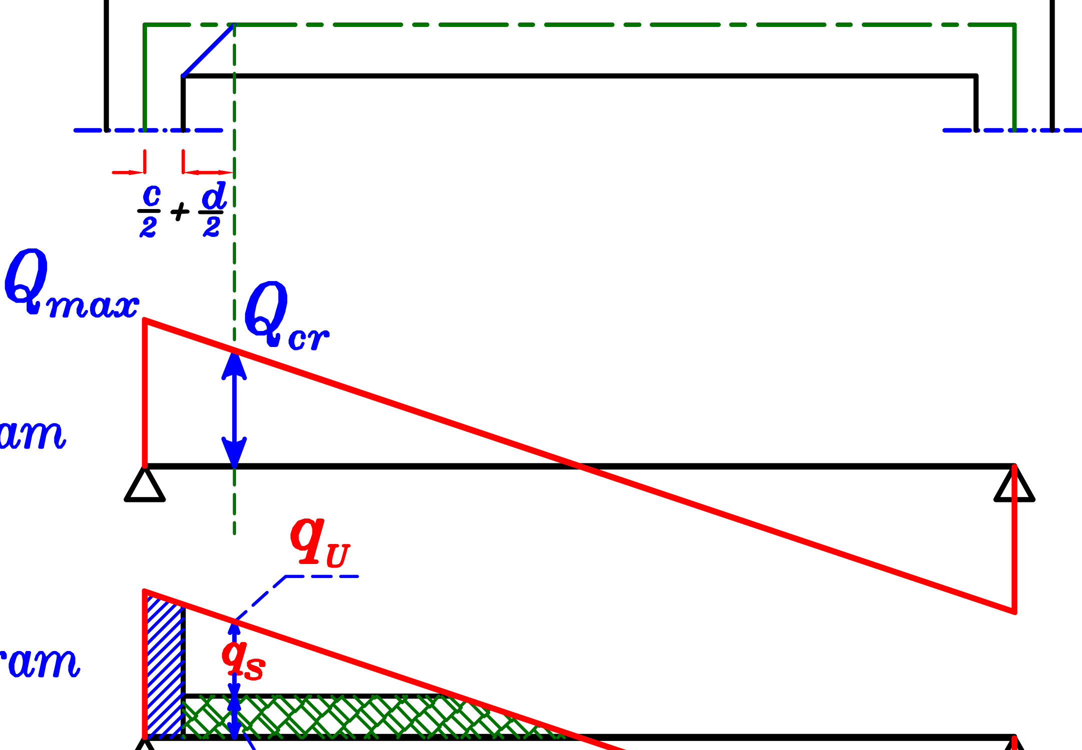
Shear Stress

Taken by VL. Stirrups.

عند تصميم الكانات نصمم على اجهاد q_U اى عند ال Critical Section

و عند تصميم الكانات نعتبر ان الخرسانه بمفردها تقاوم $\frac{q_{cu}}{2}$

اذا سنحتاج لوضع كانات لتحمل اجهاد قيمته $q_s = q_U - \frac{q_{cu}}{2}$



S.F.D.
Shear Force Diagram

S.S.D.
Shear Stress Diagram

$$q = \frac{Q}{b\,d}$$

q_U = Actual Shear Stress.

$\frac{q_{cu}}{2}$ = Shear Stress Taken by Concrete only.

q_s = Shear Stress Taken by Stirrups only.

$$q_s = q_U - \frac{q_{cu}}{2} \quad N\backslash mm^2$$

Check Shear
Using VL. Stirrups.



Steps of Check Shear in Beams.

Given. F_{cu} , F_y

b , d ⟶ From Design due to Bending

Q_{cr} ⟶ From S.F.D.

Req. Check Shear.

Solution.

① Calculate Allowable Shear Stresses.

$$q_{cu} = 0.24 \sqrt{\frac{F_{cu}}{\gamma_c}} \ N\backslash mm^2$$

هو اجهاد القص الذى تتحمله الخرسانه بدون كانات

$$q_{max.} = 0.70 \sqrt{\frac{F_{cu}}{\gamma_c}} \ N\backslash mm^2$$

هو اجهاد القص الذى تتحمله الخرسانه

مع وجود كانات b 4 $10\phi10\backslash m'$

② Calculate Actual Shear Stress.

$$q_U = \frac{Q_{cr.}}{b\,d} \ N\backslash mm^2$$

هو اكبر اجهاد قص مؤثر على الكمره

③ Compare q_U with both q_{cu} & q_{max}

نقارن قيمه q_U التى تؤثر على الكمره

بكلا من q_{cu} و هى مقاومه الخرسانه بدون كانات

و q_{max} و هى مقاومه الخرسانه بكانات b 4 $10\phi10\backslash m'$

فتكون حاله من الثلاث حالات التاليه :

فتكون حاله من الثلاث حالات التاليه :

ⓐ IF $q_U \leqslant q_{cu}$

و هذا معناه ان الـ Shear المؤثر اقل من مقاومه الخرسانه بمفردها

أى أننا لا نحتاج كانات لمقاومه الـ Shear

لذا نضع كانات فقط $2\,b$ $5\phi8\backslash m'$ لتربيط التسليح .

ⓑ IF $q_U > q_{max.}$

و هذا معناه ان الـ Shear المؤثر اكبر من مقاومه الخرسانه

حتى لو كنا نضع معه اكثر كانات.

اذا سنتحتاج لزياده ابعاد القطاع Increase Dim. b or d

حتى ترجع q_U أقل من $q_{max.}$ مره أخرى .

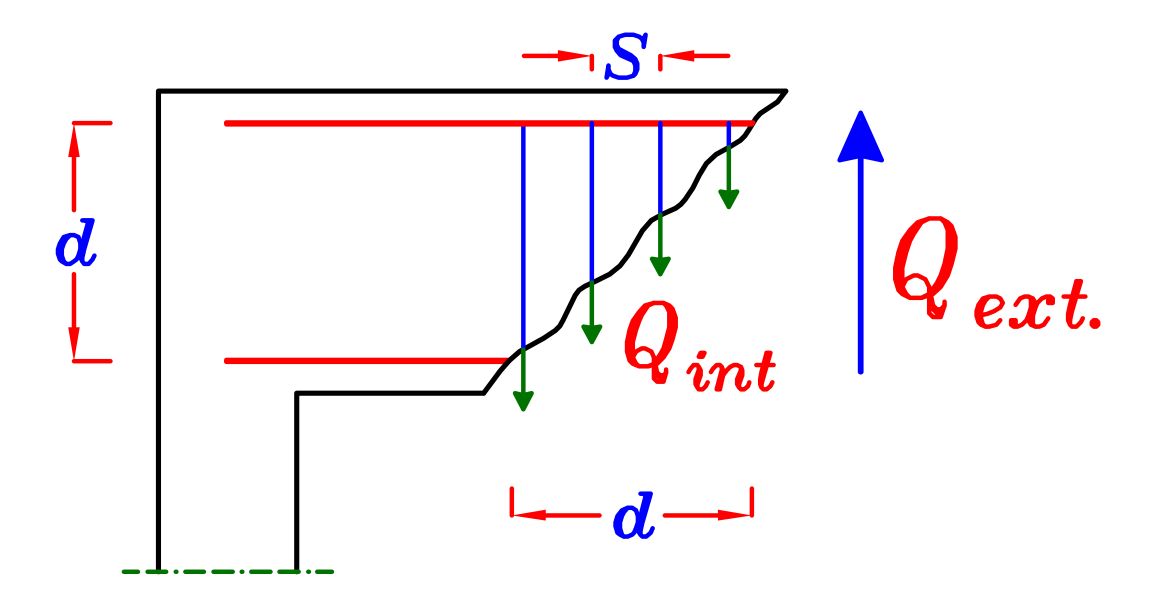
ⓒ IF $q_{cu} < q_U \leqslant q_{max.}$

و هذا معناه اننا قد نحتاج كانات أكثر من $2\,b$ $5\phi8\backslash m'$

و كانات أقل من $4\,b$ $10\phi10\backslash m'$

و لنعرف كميه الكانات التى نحتاجها بالضبط نحتاج لتصميم الكانات

و لتصميم الكانات نصممها لتتحمل اجهاد $q_S = q_U - \frac{q_{cu}}{2}$



External Shear Force = Internal Shear Force

$$Q_{ext.} = Stress * Area = Q_{int.} = Stress * Area$$

$$q_s * b * d = (F_y \backslash \gamma_s) * n * A_s * \frac{d}{S}$$

عدد الكانات فى مسافه d

$$\therefore \quad q_s * b * d = (F_y \backslash \gamma_s) * n * A_s * \frac{d}{S}$$

$$\therefore \quad q_s = \frac{n * A_s * (F_y \backslash \gamma_s)}{b * S}$$

$$\therefore \quad \boxed{q_s = q_u - \frac{q_{cu}}{2} = \frac{n\, A_s\, (F_y \backslash \gamma_s)}{b\ S}}$$

حفظ

* IF $q_{cu} < q_U < q_{max.}$

Design the Stirrups.

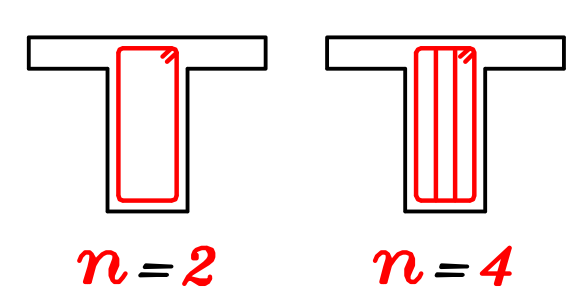
$$q_s = q_u - \frac{q_{cu}}{2} = \frac{n\ A_s\ (F_y \backslash \gamma_s)}{b\ S}$$ حفظ

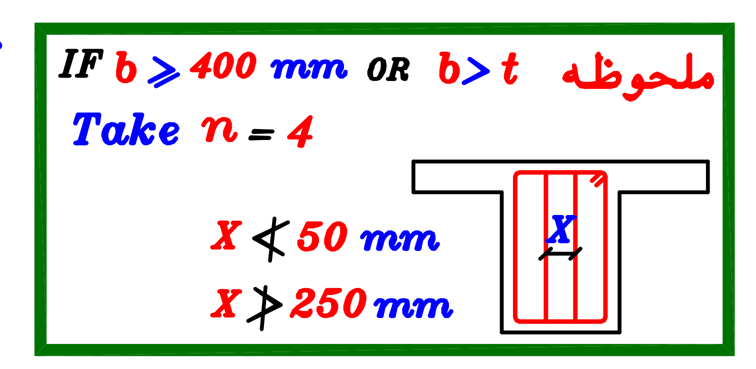
Where : q_s = Shear Stress Taken by Stirrups only.

q_u = Actual Shear Stress.

$\frac{q_{cu}}{2}$ = Shear Stress Taken by Concrete only.

- n = No. of Branches.

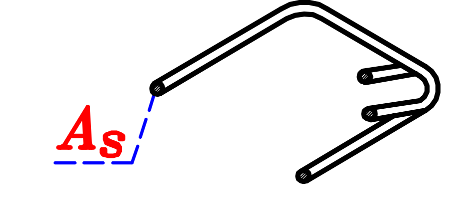




- A_s مساحه سطح السيخ الواحد من الكانه

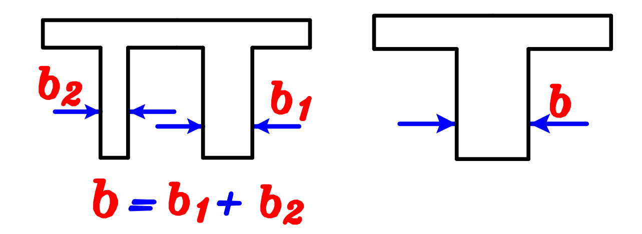
IF using $\phi 8 \longrightarrow A_s = 50.3\ mm^2$

IF using $\phi 10 \longrightarrow A_s = 78.5\ mm^2$



- $F_y = 240\ N\backslash mm^2$ Mild Steel

- b = min. width in the Sec.



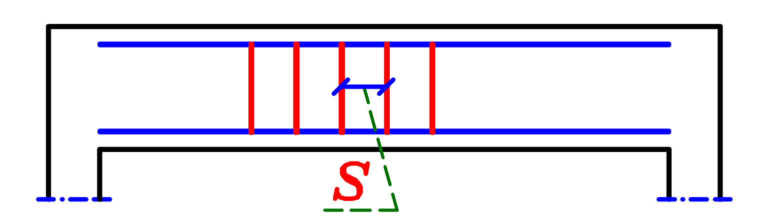
$b = b_1 + b_2$

- S = Spacing between stirrups in the Long Direction.

المسافات بين الكانات فى الإتجاه الطولى

$S_{min} = 100\ mm$

$S_{max.} = 200\ mm$



$$q_u - \frac{q_{cu}}{2} = \frac{n\,A_s\,(F_y \backslash \gamma_s)}{b\,S}$$

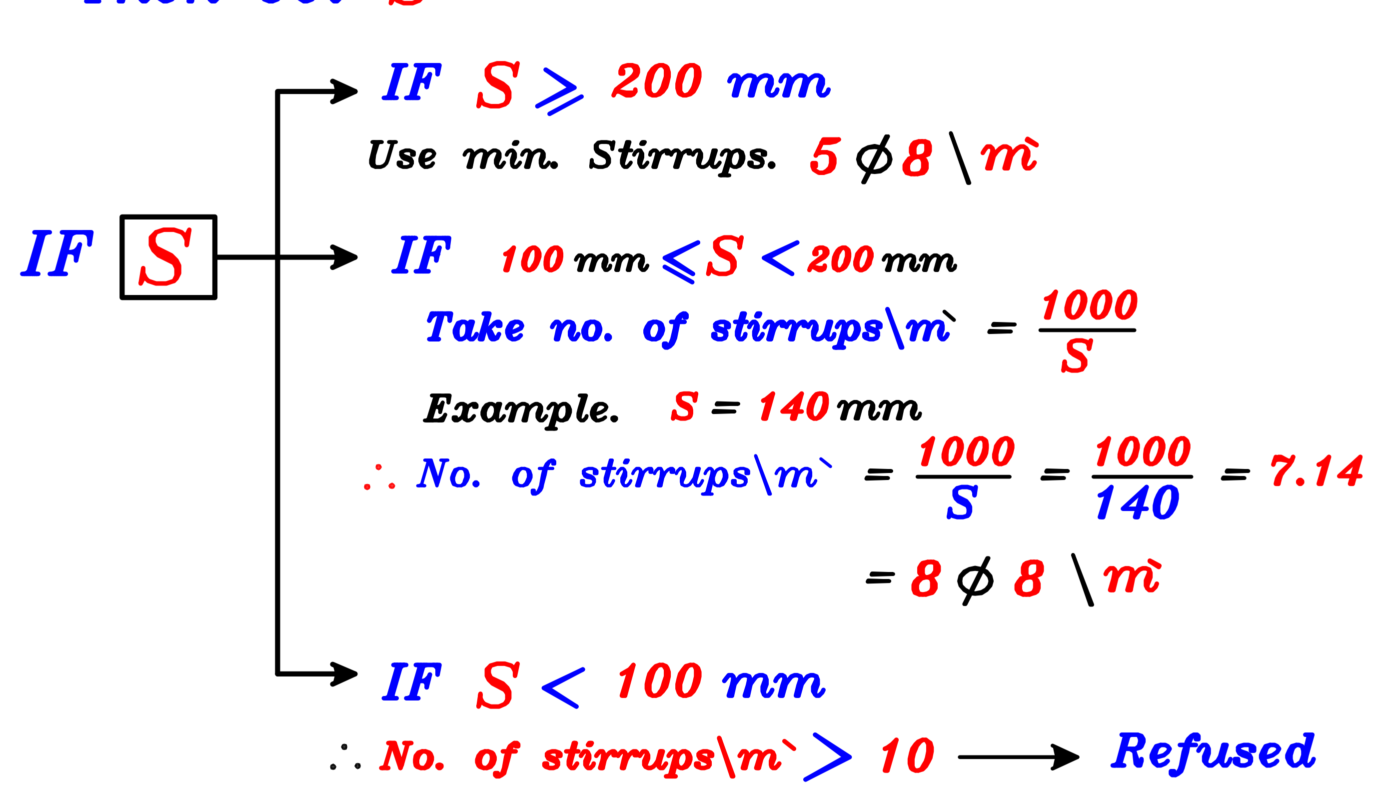
يوجد ثلاثه مجاهيل فى هذه المعادله $n\,,\,A_s\,,\,S$

نفرض قيمه كلاً من $n\,,\,A_s$ ثم نوجد قيمه S و نقارنها ب

$S_{min} = 100\ mm$, $S_{max.} = 200\ mm$

① Assume $n = 2$, $\phi 8 \longrightarrow A_s = 50.3\ mm^2$

Then Get S



ترتيب الفروض يكون كالآتى

Assumption No.	n	ϕ
1	2	8
2	2	10
3	4	8
4	4	10

ملحوظه

$$\mu = \frac{A_{st}}{b\,S} = \frac{n\,A_s}{b\,S}$$

$$\mu_{min} = \frac{0.4}{F_y}$$

$\frac{0.15}{100}$ st. 240/350

$\frac{0.10}{100}$ st. 360/520
st. 400/600

$5\phi 6 \backslash m'$

الأكبر

عاده تكون قيمة $\frac{0.4}{F_y}$ هى الاكبر

Example.

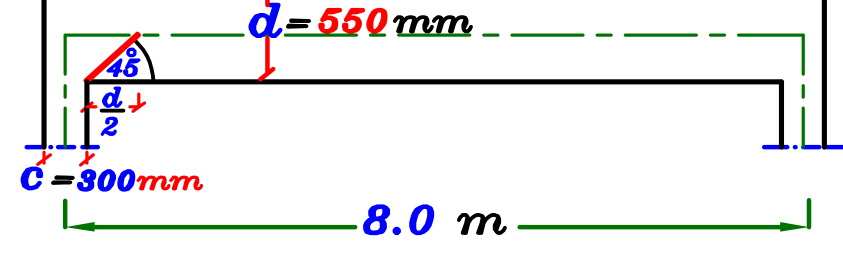
$F_{cu} = 25 \quad N\backslash mm^2$

st. 240/350 For Stirrups

$b = 250$ mm

$d = 550$ mm

$c = 300$ mm



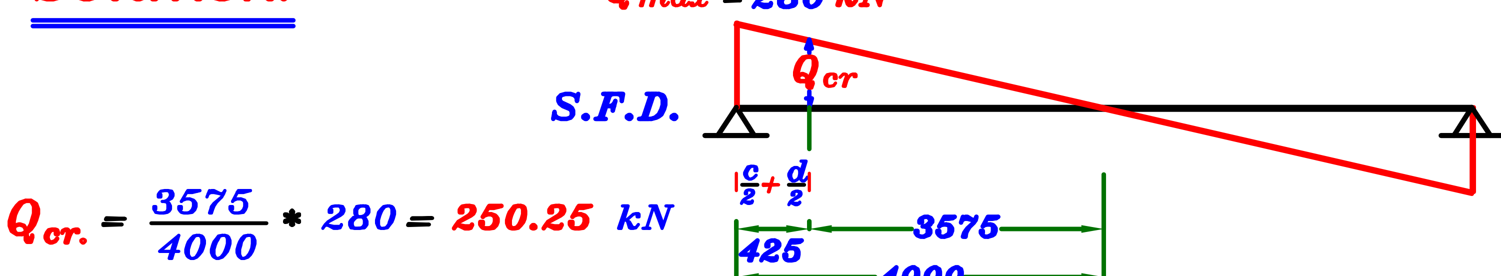
$Q_{max} = 280$ kN

S.F.D.

Req. :

Check Shear.

Solution.



$$Q_{cr.} = \frac{3575}{4000} * 280 = 250.25 \text{ kN}$$

$$- \; q_{cu} = 0.24\sqrt{\frac{F_{cu}}{\gamma_c}} = 0.24\sqrt{\frac{25}{1.5}} = 0.98 \; N\backslash mm^2$$

$$- \; q_{max.} = 0.7\sqrt{\frac{F_{cu}}{\gamma_c}} = 0.7\sqrt{\frac{25}{1.5}} = 2.85 \; N\backslash mm^2$$

$$- \; q_U = \frac{Q_{cr.}}{b\,d} = \frac{250.25 * 10^3}{250 * 550} = 1.82 \; N\backslash mm^2$$

$\therefore$ $q_{cu} < q_U < q_{max.}$ $\therefore$ We need Stirrups more Than $5\phi 8\backslash m'$

$\therefore$ Use $$q_s = q_u - \frac{q_{cu}}{2} = \frac{n\,A_s\,(F_y\backslash\gamma_s)}{b \quad S}$$

* Take $n = 2$, ϕ 8 $\longrightarrow A_s = 50.3 \; mm^2$

$$1.82 - \frac{0.98}{2} = \frac{2 * 50.3\,(240\backslash 1.15)}{250 * S} \longrightarrow S = 63.1 \text{ mm} < 100 \text{ mm}$$

* Take $n = 2$, ϕ 10 $\longrightarrow A_s = 78.5 \; mm^2$

$$1.82 - \frac{0.98}{2} = \frac{2 * 78.5\,(240\backslash 1.15)}{250 * S} \longrightarrow S = 98.5 \text{ mm} < 100 \text{ mm}$$

* Take $n = 4$, $\phi 8 \longrightarrow A_s = 50.3\ mm^2$

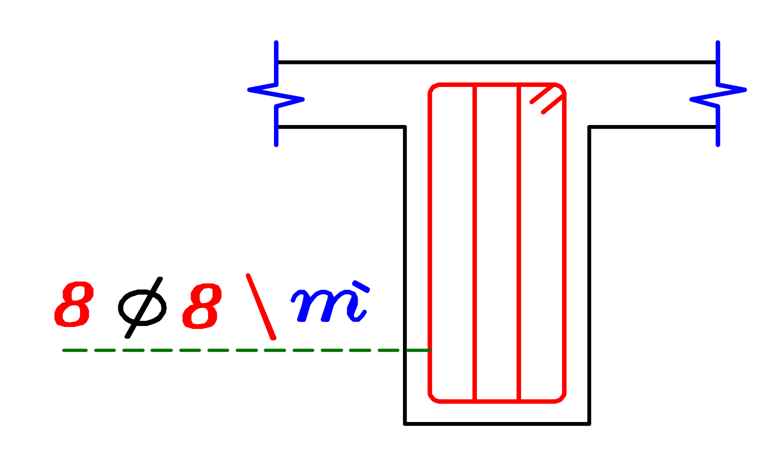
$$1.82 - \frac{0.98}{2} = \frac{4 * 50.3 \ (240 \backslash 1.15)}{250 * S} \longrightarrow S = 126.2\ mm > 100\ mm$$

$\therefore$ o.k.

$$\therefore \text{No. of stirrups} \backslash m' = \frac{1000}{S} = \frac{1000}{126.2} = 7.92 = 8.0$$

$$\therefore S = \frac{1000}{\text{No. of st} \backslash m} = \frac{1000}{8.0} = 125\ mm$$

$\therefore$ Use Stirrups **8 ϕ 8 \ m' 4 branches**



- Check $\mu_{min} = \frac{0.4}{F_y} = \frac{0.4}{240} = 0.0016$

$$\mu = \frac{n A_s}{b\ S} = \frac{4 * 50.3}{250 * 125} = 0.0064 > \mu_{min} \quad \therefore \text{o.k.}$$



ملحوظه

اذا كانت الكانات ٤ فروع لن يقل

عدد ال Stirrup hangers عن ٤ أسياخ

Point of min. Stirrups.



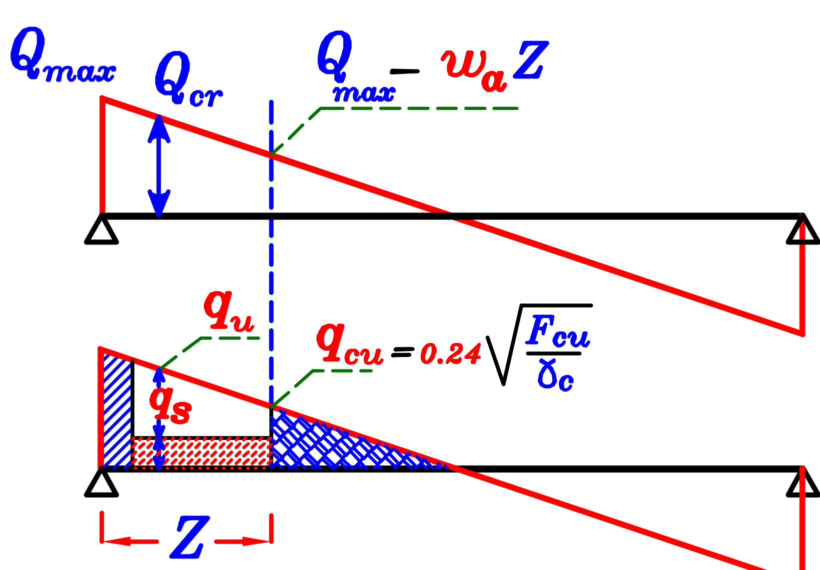
w_a kN\m

Z

$R = Q_{max}$

S.F.D.

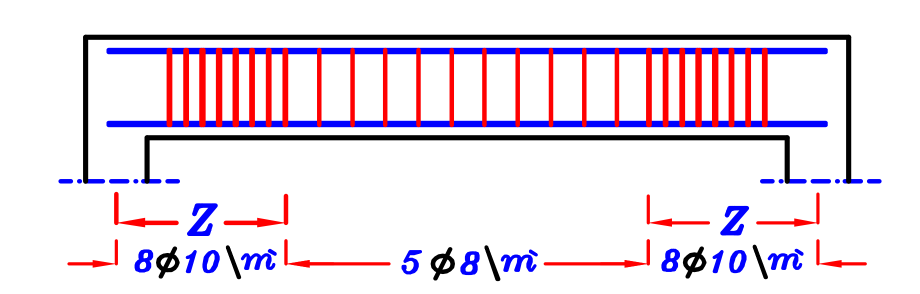
Shear Force Diagram



S.S.D.

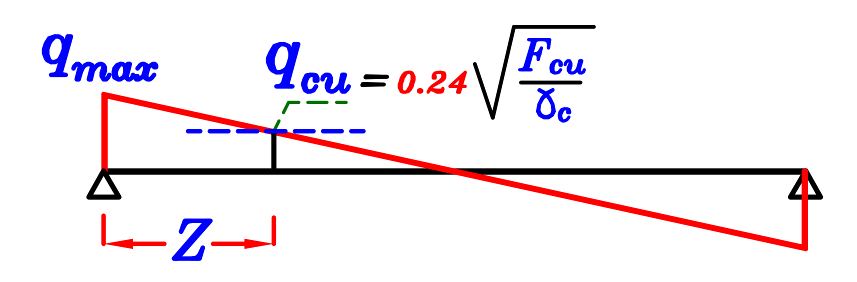
Shear Stress Diagram

$$q = \frac{Q}{b\,d}$$



عندما نحدد عدد الكانات الموضوعه فى المتر الطولى مثلاً $8\phi10\backslash m$
توضع الكانات بهذه القيمه حتى طول محدد (Z) من الـ **support** و بعدها يقل
الـ **Shear Stress** حتى يصل إلى قيمه q_{cu}
فلا نحتاج بعدها إلى أكثر من $5\phi8\backslash m$ **min. Shear RFT.**

و لحساب الـ Z نرسم الـ **Shear Stress** بحيث الـ **scale** الافقى كل ١ متر يرسم ١ سم
اما الراسى فيرسم بأى **scale** ثم نحدد قيمه q_{cu} بنفس الـ **scale** الرأسى
ثم نقيس المسافه الافقيه من عند قيمه q_{cu} الى الـ **support** فتكون هى قيمه Z



Example.

$F_{cu} = 25\ N\backslash mm^2$

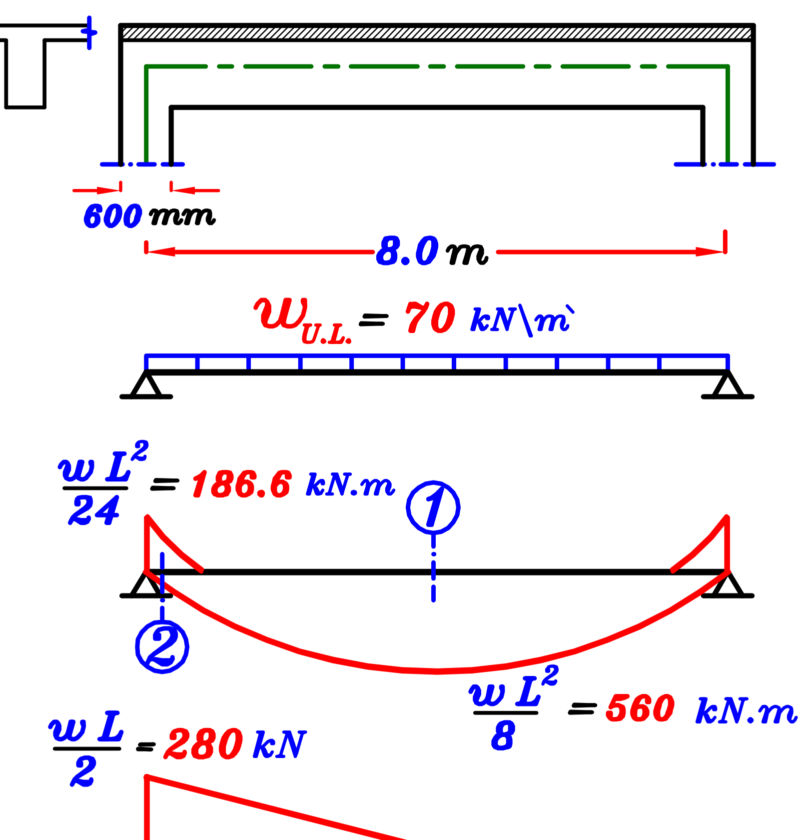
st. 360/520 → Steel Bars

st. 240/350 → Stirrups

$t_s = 120\ mm$

C.L. _ C.L. = 5.0 m

Column (300 * 600)

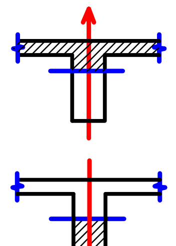


Req:

1. Design the Beam.
2. Check Shear.
3. Draw Details of RFT.

Solution :

Sec. ① $M_{U.L.} = 560\ kN.m$ T–Sec.



Sec. ② $M_{U.L.} = 186.6\ kN.m$ R–Sec.

$\because M_T > 2 M_R \quad \therefore$ Design T–Sec. at First

Sec. ①

$M_{U.L.} = 560\ kN.m$ T–Sec.

$$B = \begin{cases} C.L. - C.L. = 5.0\ m = 5000\ mm \\ 16\, t_s + b = 16 * 120 + 250 = 2170\ mm \\ K\frac{L}{5} + b = 1.0 * \frac{8000}{5} + 250 = 1850\ mm \end{cases}$$

B = 1850 mm

Take $C_1 = 6.0 \longrightarrow J = 0.826$

$$d = C_1 \sqrt{\frac{M_{U.L.}}{F_{cu}\, B}} = 6.0 \sqrt{\frac{560 * 10^6}{25 * 1850}} = 660.2 \ mm$$

Take $d = 700\,mm$ $\quad$ $t = 750\,mm$

$$A_s = \frac{M_{U.L.}}{J\, F_y\, d} = \frac{560 * 10^6}{0.826 * 360 * 660.2} = 2852.5 \ mm^2$$

Check $A_{s\,min.}$ $\quad$ $A_{s_{req.}} = 2852.5 \ mm^2$

$$\mu_{min.}\, b\, d = \left(0.225 * \frac{\sqrt{F_{cu}}}{F_y}\right) b\, d = \left(0.225 * \frac{\sqrt{25}}{360}\right) 350 * 700 = 765.6 \ mm^2$$

$\therefore A_{s_{req.}} > \mu_{min.}\, b\, d$ $\quad \therefore$ Take $A_s = A_{s_{req.}} = 2852.5 \ mm^2$ $\quad$ $8\,\phi\,22$

$$\therefore n = \frac{b - 25}{\phi + 25} = \frac{250 - 25}{22 + 25} = 4.78 = 4.0 \text{ bars}$$

Stirrup Hangers $= (0.1 \rightarrow 0.2)\, A_s = (0.1 \rightarrow 0.2)\ 2852.5$

$= (285 \rightarrow 570)\ mm^2$ $\quad$ $3\,\phi\,12$

Sec. ②

$M_{U.L.} = 186.6$ kN.m $\quad$ R–Sec.

Take $d = 0.70\ m$ (The same d of Sec. ①)

$$\because d = C_1 \sqrt{\frac{M_{U.L.}}{F_{cu}\, b}} \quad \therefore 700 = C_1 \sqrt{\frac{186.6 * 10^6}{25 * 250}} \longrightarrow C_1 = 4.05 \longrightarrow J = 0.805$$

$$\therefore A_s = \frac{M_{U.L.}}{J\, F_y\, d} = \frac{186.6 * 10^6}{0.805 * 360 * 700} = 919.8 \ mm^2$$

Check $A_{s\,min.}$ $\quad$ $A_{s_{req.}} = 919.8 \ mm^2$

$$\mu_{min.}\, b\, d = \left(0.225 * \frac{\sqrt{F_{cu}}}{F_y}\right) b\, d = \left(0.225 * \frac{\sqrt{25}}{360}\right) 350 * 700 = 765.6 \ mm^2$$

$\therefore A_{s_{req.}} > \mu_{min.}\, b\, d$ $\quad \therefore$ Take $A_s = A_{s_{req.}} = 919.8 \ mm^2$ $\quad$ $3\,\phi\,22$

Check Shear.

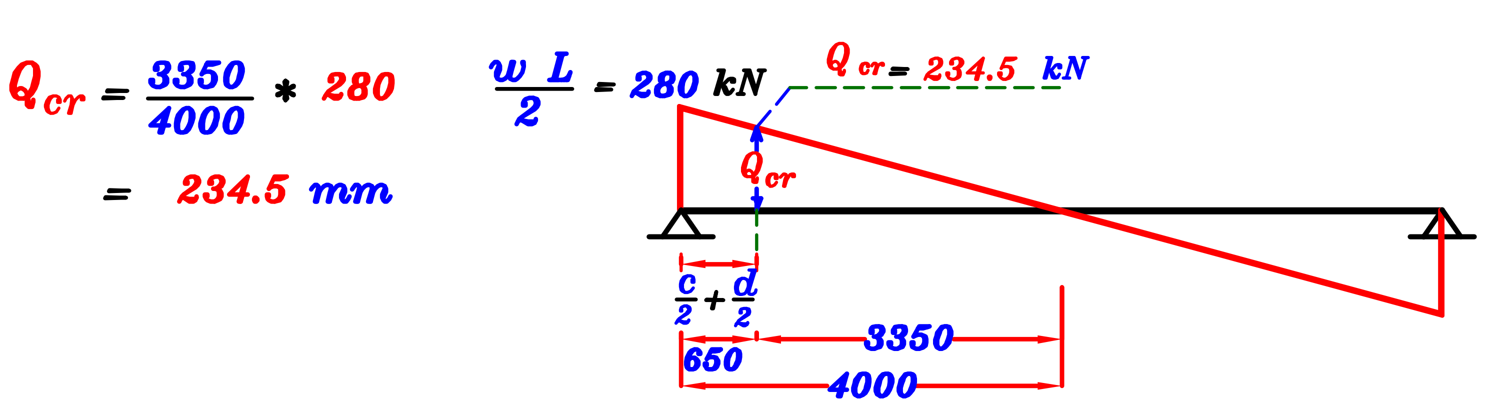
- Allowable shear stress.

$$q_{cu} = 0.24\sqrt{\frac{F_{cu}}{\gamma_c}} = 0.24\sqrt{\frac{25}{1.5}} = 0.98 \ N\backslash mm^2$$

$$q_{max.} = 0.7\sqrt{\frac{F_{cu}}{\gamma_c}} = 0.7\sqrt{\frac{25}{1.5}} = 2.85 \ N\backslash mm^2$$

Critical Sec. at $\left(\frac{c}{2}+\frac{d}{2}\right) = \frac{600}{2} + \frac{700}{2} = 650$ mm

$$Q_{cr} = \frac{3350}{4000} * 280 = 234.5 \ mm$$



- Actual shear stress.

$$\therefore q_U = \frac{Q_{cr.}}{b\ d} = \frac{234.5 * 10^3}{250 * 700} = 1.34 \ N\backslash mm^2$$

$\therefore q_{cu} < q_U < q_{max.}$ $\therefore$ We need Stirrups more Than $5\phi 8\backslash m'$

$$\therefore \text{Use} \quad q_s = q_u - \frac{q_{cu}}{2} = \frac{n\ A_s (F_y\backslash\gamma_s)}{b * S}$$

* Take $n = 2$, $\phi\ 8 \longrightarrow A_s = 50.3\ mm^2$

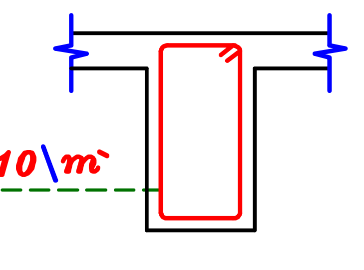
$$1.34 - \frac{0.98}{2} = \frac{2 * 50.3\ (240\ \backslash 1.15)}{250 * S} \longrightarrow S = 98.7\ mm < 100\ mm$$

* Take $n = 2$, $\phi\ 10 \longrightarrow A_s = 78.5\ mm^2$

$$1.34 - \frac{0.98}{2} = \frac{2 * 78.5\ (240\ \backslash 1.15)}{250 * S} \longrightarrow S = 154.1\ mm > 100\ mm \quad \therefore o.k.$$

$$\therefore \text{No. of Stirrups}\backslash m = \frac{1000}{S} = \frac{1000}{154.1} = 6.48 = 7.0\backslash m'$$

$\therefore$ Use Stirrups **$7\phi 10\ \backslash\ m'$** 2 branches



Check $\mu_{min} = \frac{0.4}{F_y} = \frac{0.4}{240} = 0.0016$

$$S = \frac{1000}{7.0} = 142.8 \ mm$$

$$\therefore \ \mu = \frac{n \ A_s}{b \ S} = \frac{2 * 78.5}{250 * 142.8} = 0.0044 > \mu_{min} \quad \therefore \ o.k.$$

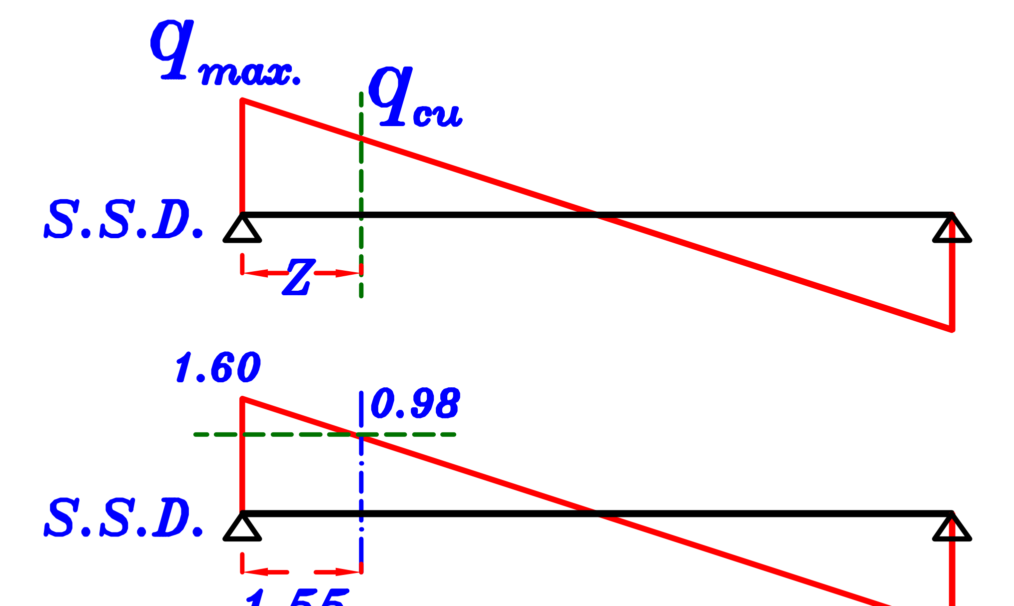
Point of min. Stirrups.

و لحساب ال Z نرسم ال Shear Stress بحيث ال scale الافقى كل ١ متر يرسم ١ سم اما الراسى فيرسم بأى scale ثم نحدد قيمه q_{cu} بنفس ال scale الرأسى ثم نقيس المسافه الافقيه من عند قيمه q_{cu} الى ال support فتكون هى قيمه Z

$$q_{cu} = 0.98 \ N\backslash mm^2$$

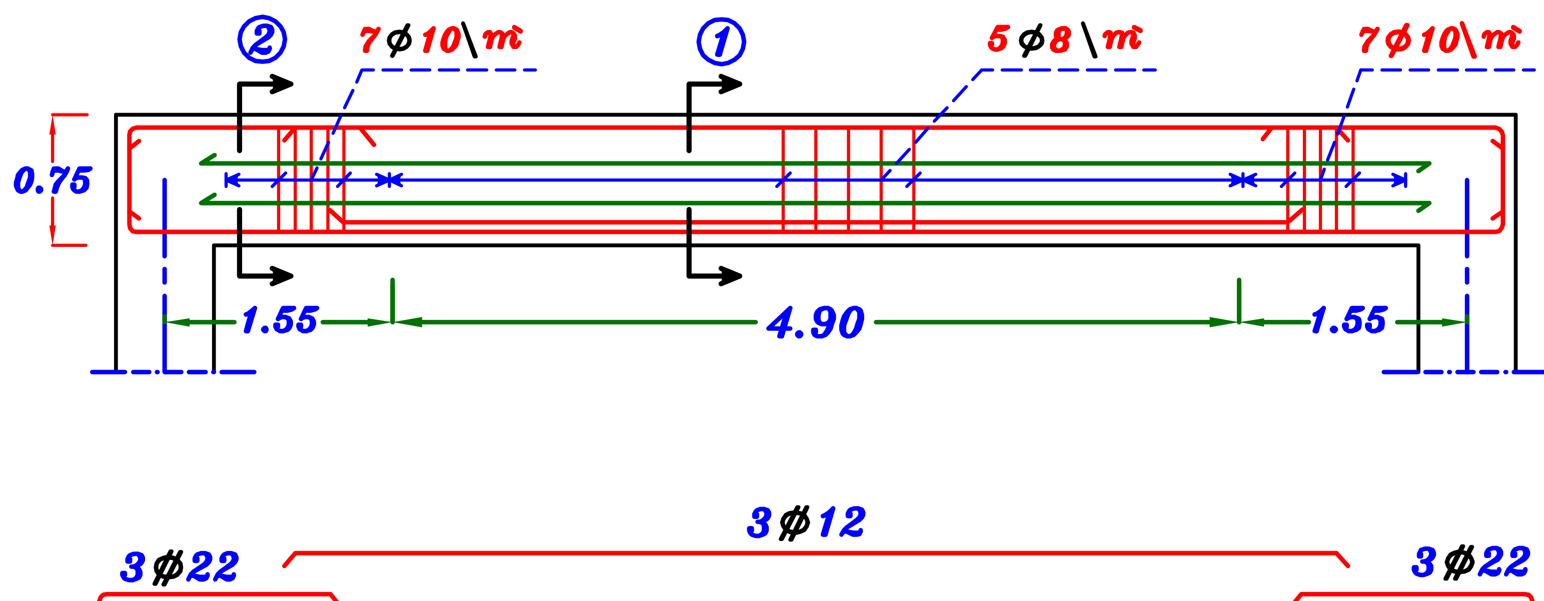
$$q_{max.} = \frac{280 * 10^3}{250 * 700}$$

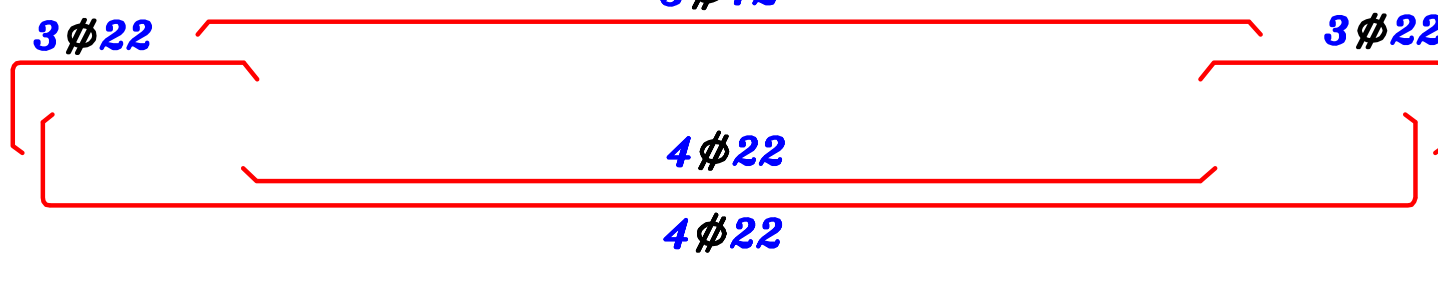
$$= 1.60 \ N\backslash mm^2$$

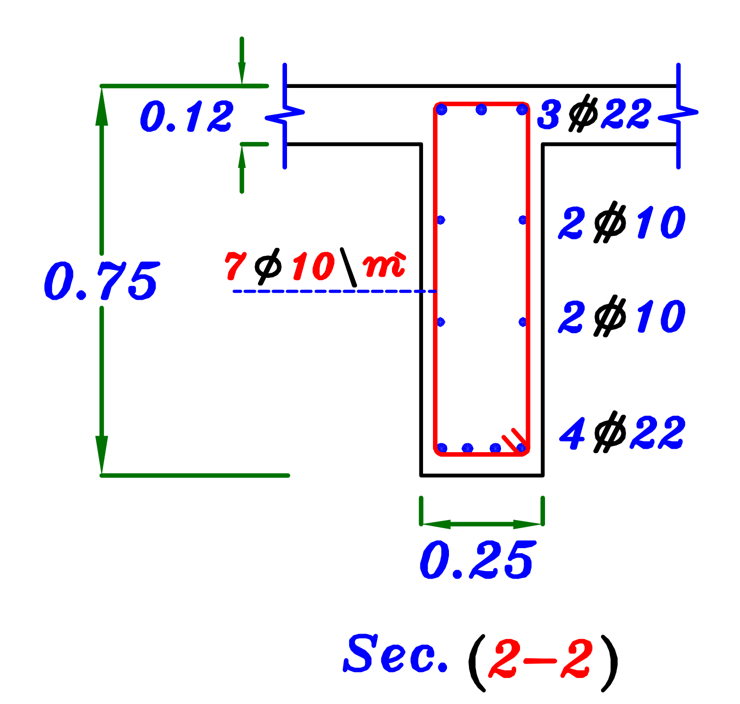


$$Z = 1.55 \ m$$

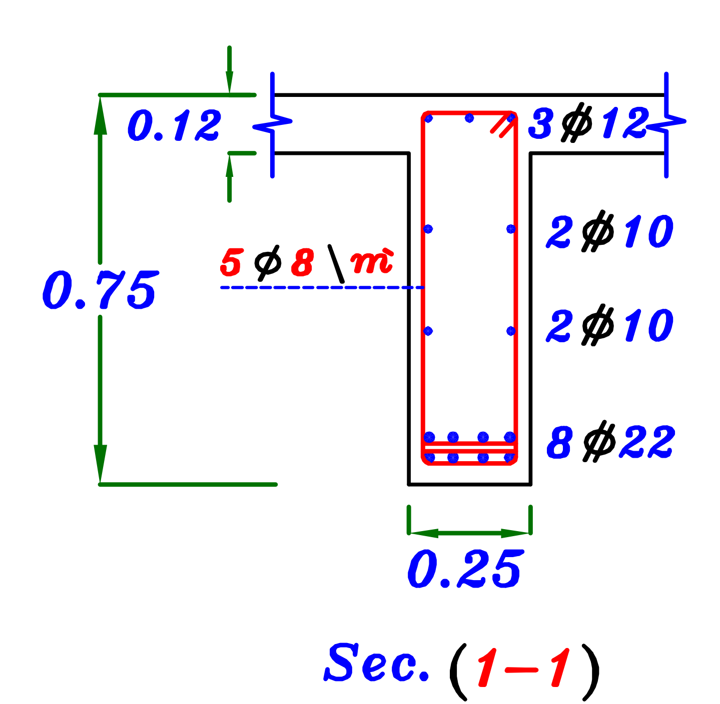
RFT. of Beam.







Sec. (2–2)



Sec. (1–1)

Example.

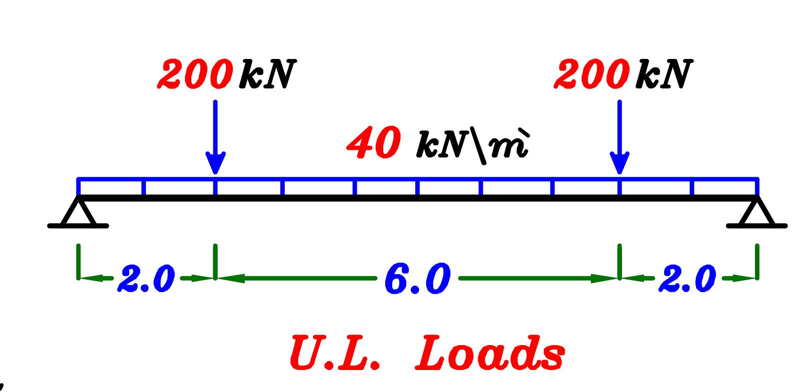
$F_{cu} = 25$ N\mm²

st. 240/350 For Stirrups

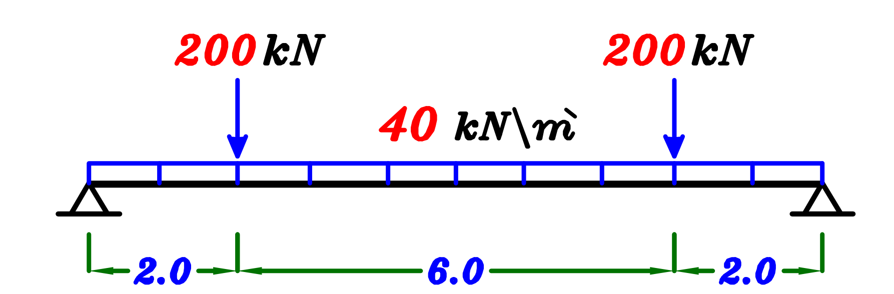
b = 350 mm d = 800 mm

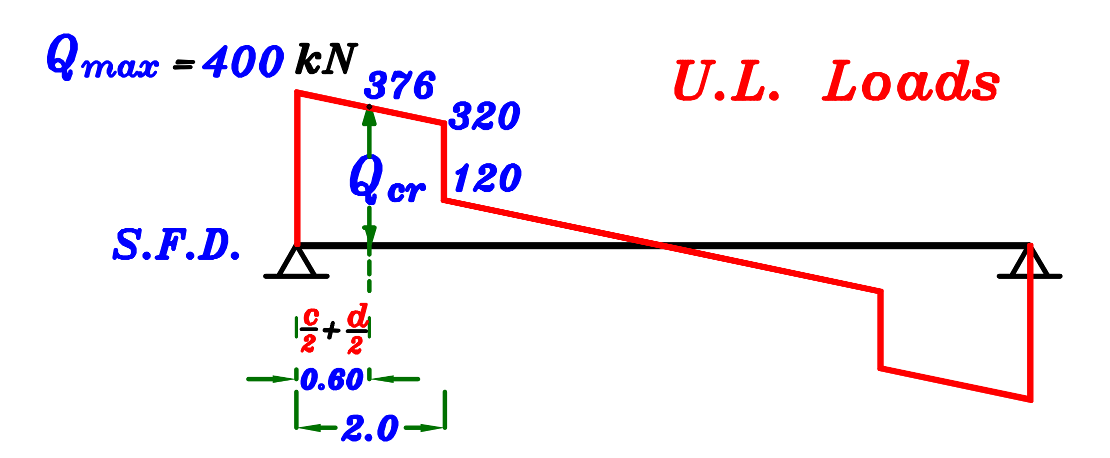
Column width = 400 mm

Req. Check Shear.



Solution.





$$- \; q_{cu} = 0.24\sqrt{\frac{F_{cu}}{\gamma_c}} = 0.24\sqrt{\frac{25}{1.5}} = 0.98 \text{ N\textbackslash mm}^2$$

$$- \; q_{max.} = 0.7\sqrt{\frac{F_{cu}}{\gamma_c}} = 0.7\sqrt{\frac{25}{1.5}} = 2.85 \text{ N\textbackslash mm}^2$$

$$\therefore \; Q_{cr} = R - w_a\left(\frac{c}{2} + \frac{d}{2}\right) = 376 \text{ kN}$$

$$\therefore \; q_U = \frac{Q_{cr.}}{b\,d} = \frac{376 * 10^3}{350 * 800} = 1.34 \text{ N\textbackslash mm}^2$$

$\therefore\ q_{cu} < q_U < q_{max.}$ $\therefore$ We need Stirrups more Than $5\phi 8 \backslash m`$

$$\therefore \text{ Use } \quad q_s = q_u - \frac{q_{cu}}{2} = \frac{n\,A_s\,(F_y \backslash \gamma_s)}{b\ \ S}$$

* Take $n = 2$, $\phi\ 8 \longrightarrow A_s = 50.3\ mm^2$

$$1.34 - \frac{0.98}{2} = \frac{2 * 50.3\ (240 \backslash 1.15)}{350 * S} \longrightarrow S = 70.5\ mm < 100\ mm$$

* Take $n = 2$, $\phi\ 10 \longrightarrow A_s = 78.5\ mm^2$

$$1.34 - \frac{0.98}{2} = \frac{2 * 78.5\ (240 \backslash 1.15)}{350 * S} \longrightarrow S = 110\ mm > 100\ mm$$

$\therefore$ o.k.

$$\therefore \text{ No. of stirrups} \backslash m` = \frac{1000}{S} = \frac{1000}{110} = 9.09 = 10$$

$\therefore$ Use Stirrups $10\phi 10 \backslash m`$ 2 branches

$10\phi 10 \backslash m`$

Check $$\mu_{min} = \frac{0.4}{F_y} = \frac{0.4}{240} = 0.0016$$

$$S = \frac{1000}{10} = 100\ mm$$

$$\therefore\ \mu = \frac{n\ A_s}{b\ S} = \frac{2 * 78.5}{350 * 100} = 0.0049 > \mu_{min} \quad \therefore \text{ o.k.}$$

Point of min. Stirrups.

$$q_{cu} = 0.98 \ N\backslash mm^2$$

$$q_{max.} = \frac{400 * 10^3}{350 * 800} = 1.428 \ N\backslash mm^2$$

$Q_{max} = 400 \ kN$

S.F.D.

320

120

2.0

$q_{max} = 1.428$

1.14

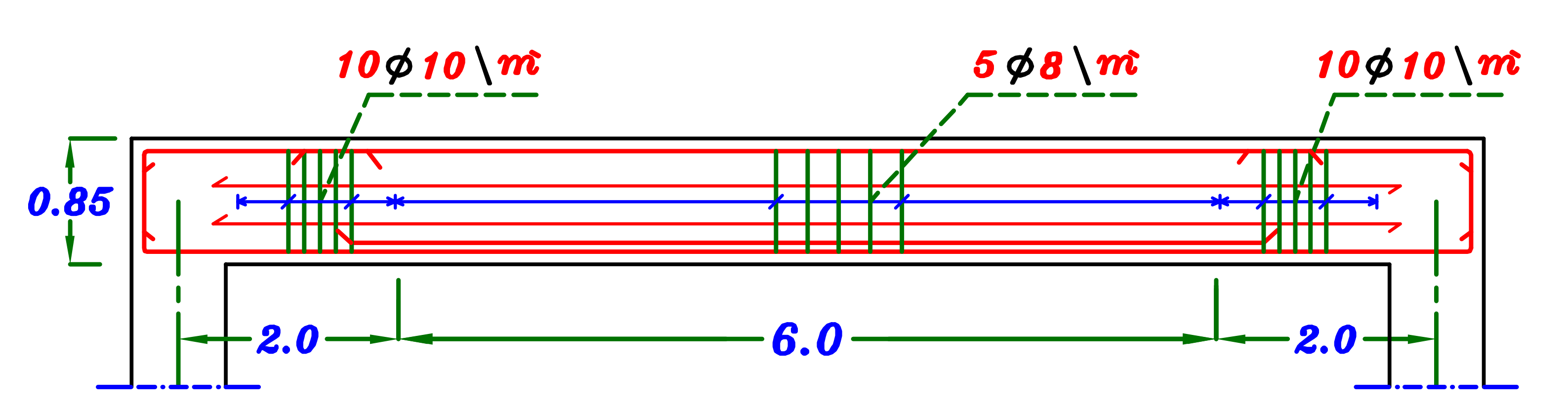
0.98

0.428

S.S.D.

Z

$$Z = 2.0 \ m$$



Check Shear For Hidden Beams & Ribs.

فى الكمرات المدفونه و القواعد و الاعصاب و البلاطات عموماً

و الكمرات التى يكون فيها $t < b$

أو $t < 250\ mm$

أو $t < 2.5\, t_s$

يجب أن تتحمل الخرسانه بمفردها كل ال Shear Stress بدون اى تسليح .

و تعتبر فى هذه الحاله مقاومه الخرسانه q_{cu}

$$q_{cu} = 0.16 \sqrt{\frac{F_{cu}}{\gamma_c}} \quad N\backslash mm^2$$

و اذا حدث و كانت $q_u > q_{cu}$ فيجب زياده الابعاد

فى الكمرات او الاعصاب نزيد قيمه أياً من $b\,,\,d$

و فى البلاطات و القواعد نزيد قيمه t فقط.

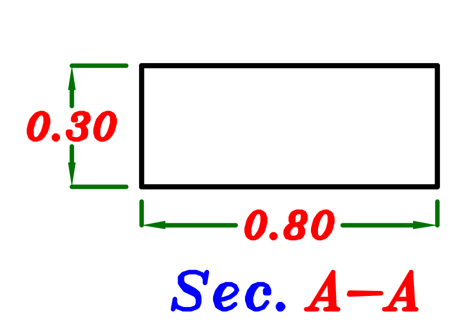
و تكون نسبه μ_{min}

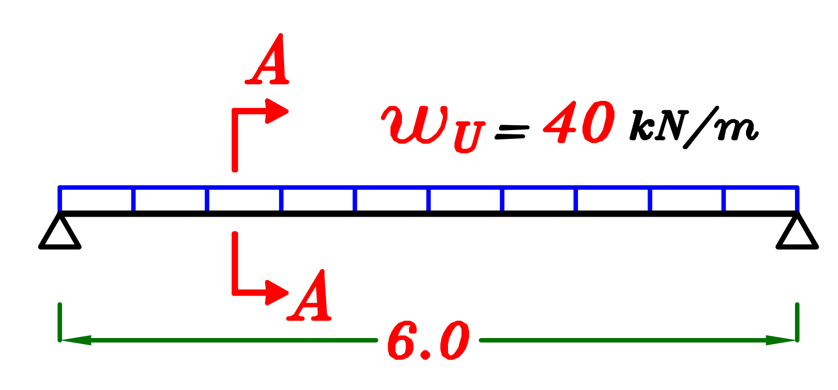
$$\mu_{min} = \frac{0.4}{F_y} * \left(\frac{q_u}{q_{cu}}\right)$$

ملحوظه

فى جميع الكمرات و ال Frames يراعى عدم عمل وصلات فى التسليح الرئيسى فى المناطق التى يوجد عليها Shear Stress بقيم عاليه .

Example. Hidden Beam





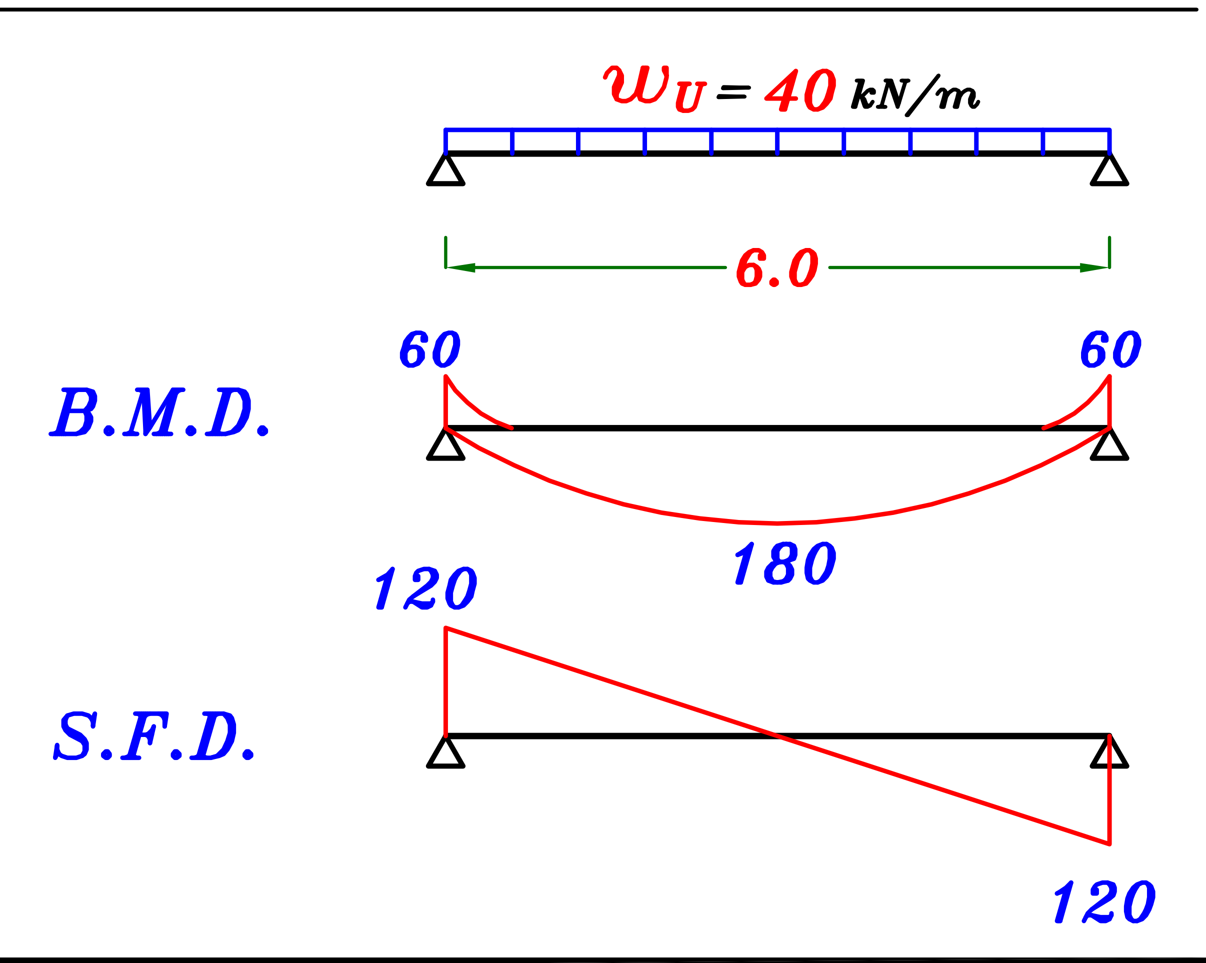
For the Hidden Beam

1 – Using the given Ultimate loads, Design the critical sections For bending and shear.

2 – Draw the details of reinforcement For the beam in elevation and cross section.

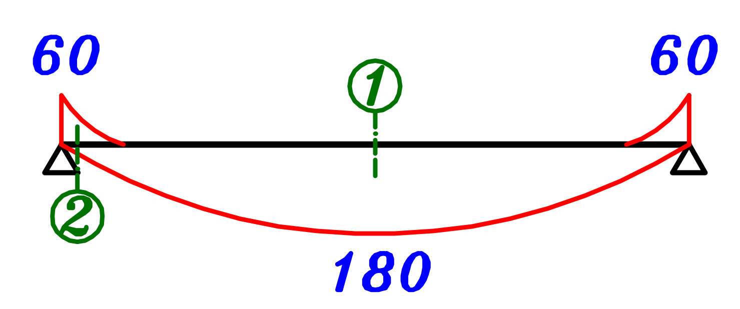
$F_{cu} = 25 \quad N\backslash mm^2$

st. 360/520 For main RFT. st. 240/350 For Stirrups



Design For Bending.

B.M.D.



Sec. ①

$M = 180 \text{ kN.m}$

Take cover of Hidden beam $= 30$ mm

$\therefore d = 300 - 30 = 270 \text{ mm}$

$\because d = C_1 \sqrt{\dfrac{M_{U.L.}}{F_{cu}\, B}} \quad \therefore 270 = C_1 \sqrt{\dfrac{180 * 10^6}{25 * 800}} \longrightarrow C_1 = 2.84 \longrightarrow J = 0.726$

$$A_s = \frac{M_{U.L.}}{J\, F_y\, d} = \frac{180 * 10^6}{0.726 * 360 * 270} = 2550 \text{ mm}^2$$

Check $A_{s_{min.}}$

$A_{s_{req.}} = 2550 \text{ mm}^2$

$$\mu_{min.}\, b\, d = \left(0.225 * \frac{\sqrt{F_{cu}}}{F_y}\right) b\, d = \left(0.225 * \frac{\sqrt{25}}{360}\right) 800 * 270 = 675 \text{ mm}^2$$

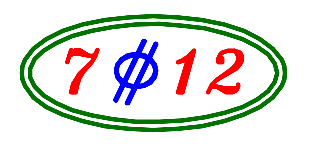
$\therefore A_{s_{req.}} > \mu_{min.}\, b\, d \quad \therefore$ Take $A_s = A_{s_{req.}} = 2550 \text{ mm}^2$ — $7\phi22$

$$\therefore n = \frac{b - 25}{\phi + 25} = \frac{800 - 25}{22 + 25} = 16.5 = 16.0 \text{ bars}$$

Sec. ②

$M = 60 \text{ kN.m}$

$A_s = A_{s_{min.}} = 675 \text{ mm}^2$



Check Shear.

$$q_{cu} = 0.16\sqrt{\frac{F_{cu}}{\delta_c}} \; N\backslash mm^2 = 0.16\sqrt{\frac{25}{1.5}} = 0.65 \; N\backslash mm^2$$

$Q_{max} = 120$

S.F.D.

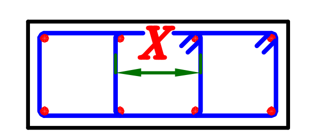
120

- Actual shear stress.

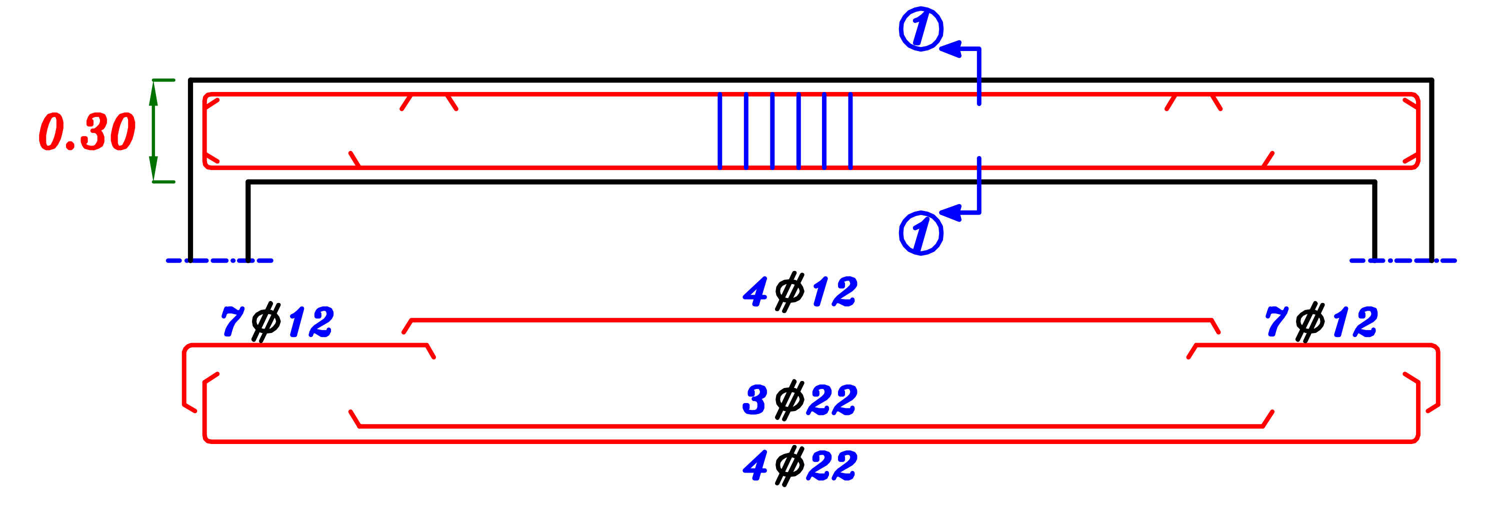
$$\therefore \; q_U = \frac{Q_{max}}{b\,d} = \frac{120 * 10^3}{800 * 270} = 0.55 \; N\backslash mm^2$$

$\therefore \; q_U < q_{min}$ $\quad\therefore$ No need to increase dimensions.

IF $b \geqslant 400$ mm OR $b > t$ Take min $n = 4$
$X \nless 50$ mm $\quad X \ngtr 250$ mm



$5\phi 8\backslash m'$ 4 branches



Sec. (1−1)

0.30

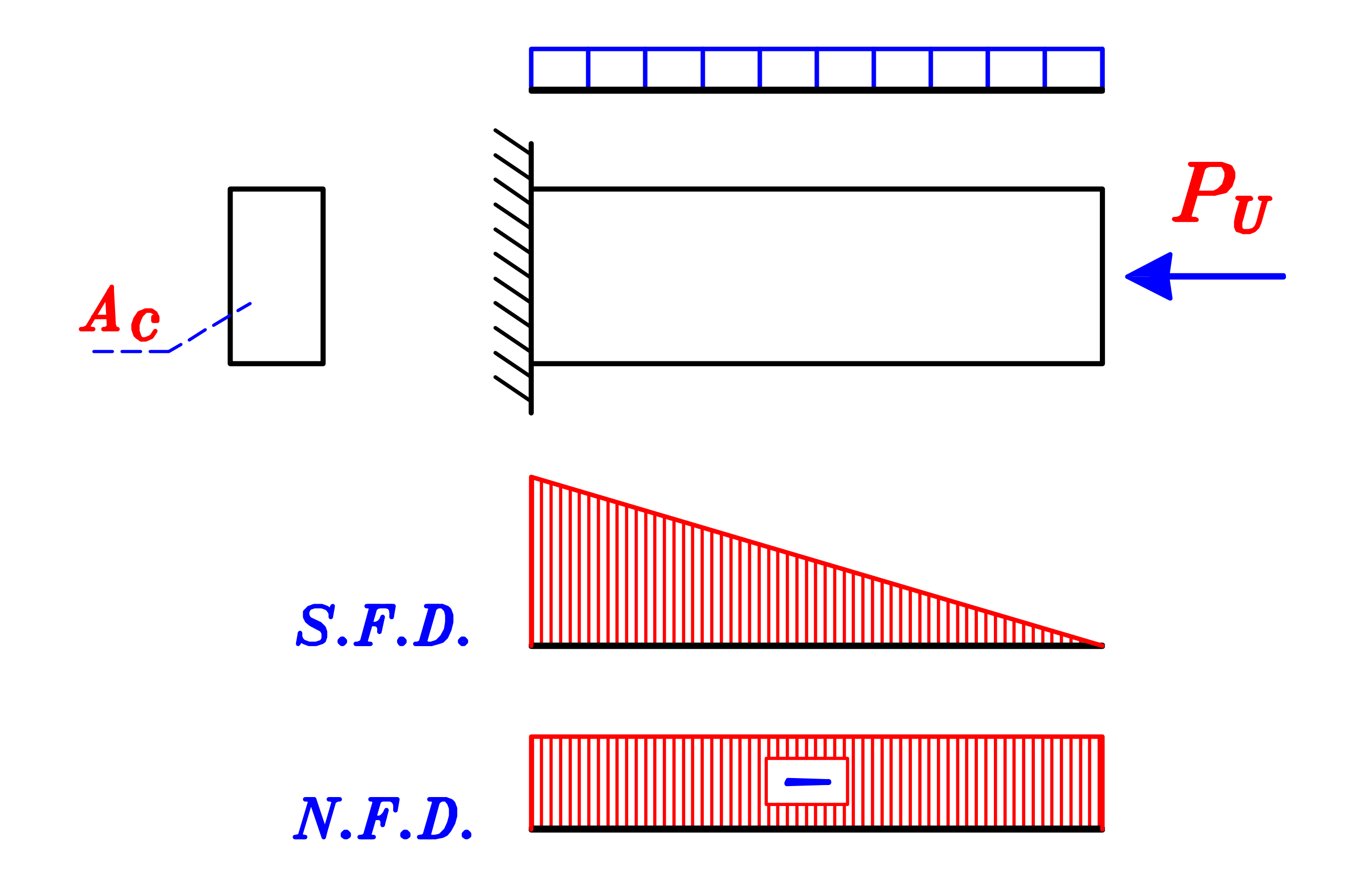
X

4φ12

7φ22

0.80

Check Shear stresses with Compression Force.



في حاله وجود قوى ضغط مؤثره على الخرسانه مما يعمل على زياده مقاومتها للـ Shear

نعتبر أن مقاومه الخرسانه q_{cu} ستزيد بنسبه δ_c

$$q_{cu} = \delta_c * 0.24 \sqrt{\frac{F_{cu}}{\gamma_c}} \quad N\backslash mm^2$$

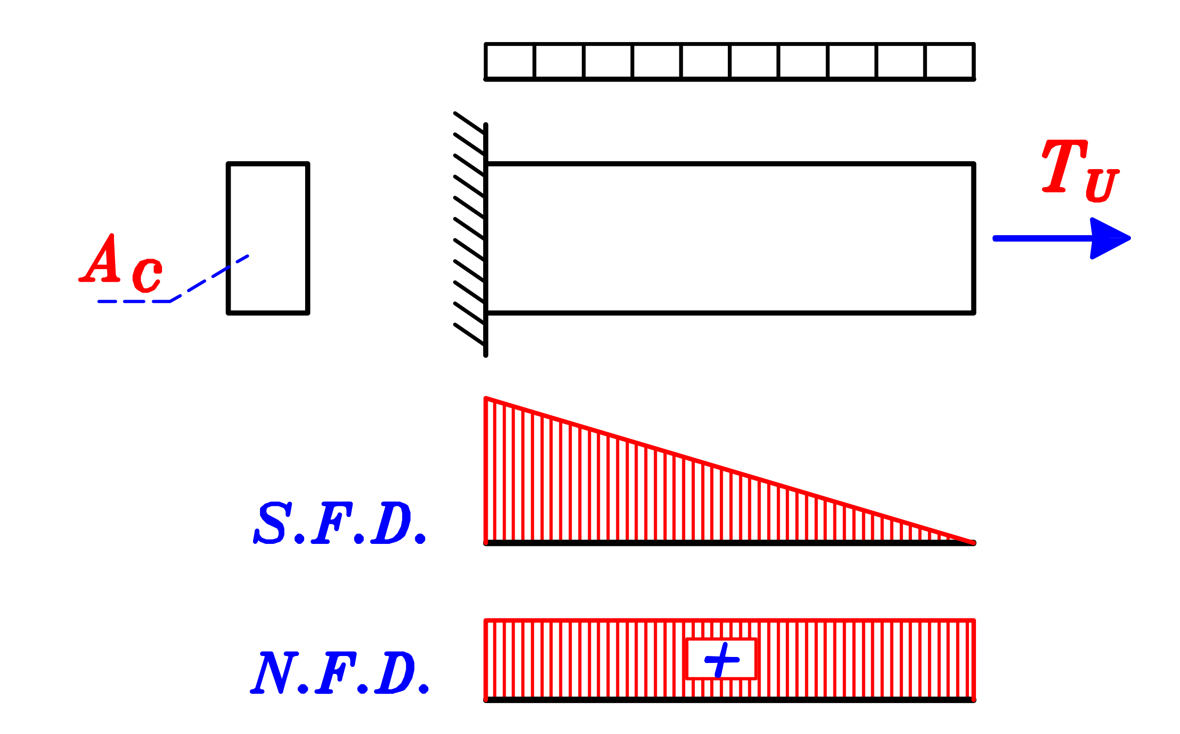
$$\delta_c = 1 + 0.07 \left(\frac{P_U}{A_c}\right) \not> 1.5 \quad (\text{Code page } 4-16)$$

P_U قيمه الـ normal عند القطاع الواقع عليه اكبر Shear

A_c هى مساحه القطاع الواقع عليه اكبر Shear

$$A_c = b * t$$

Check Shear stresses with Tension Force.



فى حاله وجود قوى شد مؤثره على الخرسانه مما يعمل على قله مقاومتها لل Shear

نعتبر أن مقاومه الخرسانه q_{cu} ستقل بنسبه δ_t

$$q_{cu} = \delta_t * 0.24 \sqrt{\frac{F_{cu}}{\gamma_c}}$$

or better Take → more safe $q_{cu} = Zero$

$$\delta_t = 1 - 0.30 \left(\frac{T_U}{A_c}\right)$$

T_U قيمه ال Tension عند القطاع الواقع عليه اكبر Shear

A_c هى مساحه القطاع الواقع عليه اكبر Shear

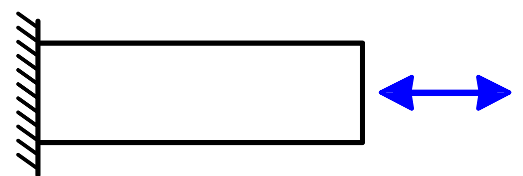
$$A_c = b * t$$

اعتبرنا ان قيمه $q_{cu} = Zero$

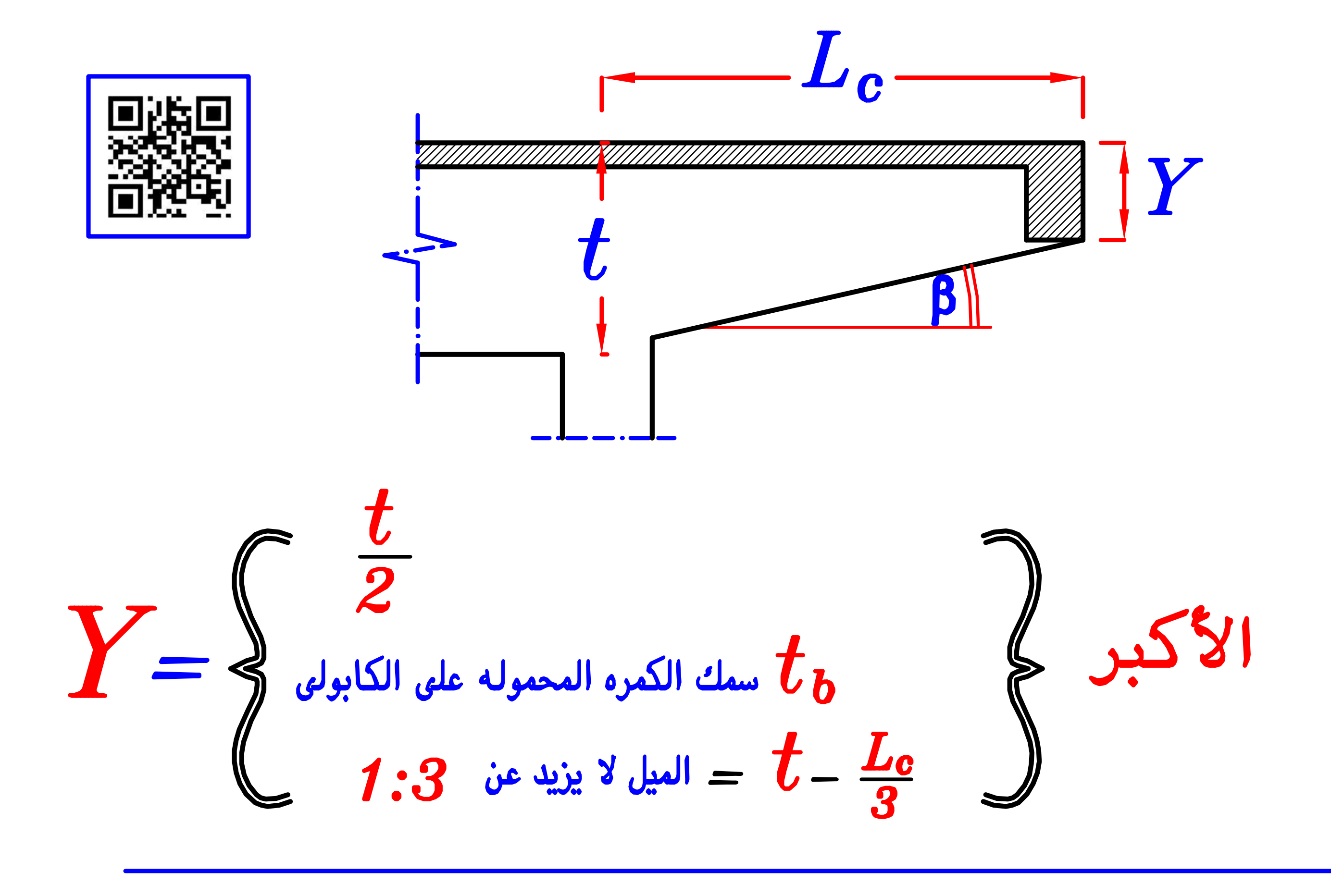
IF $q_U < q_{max.}$ use $q_u = \frac{n\, A_s (F_y \backslash \gamma_s)}{b \;\; S}$

اذا كانت القوى مره ضغط و مره شد

يتم التصميم على حاله الشد لانها more safe



Shear stress For a Variable Depth Beam.



$$Y = \begin{cases} \frac{t}{2} \\ t_b \text{ (سمك الكمره المحموله على الكابولى)} \\ t - \frac{L_c}{3} \text{ (الميل لا يزيد عن 1:3)} \end{cases} \quad \text{الأكبر}$$

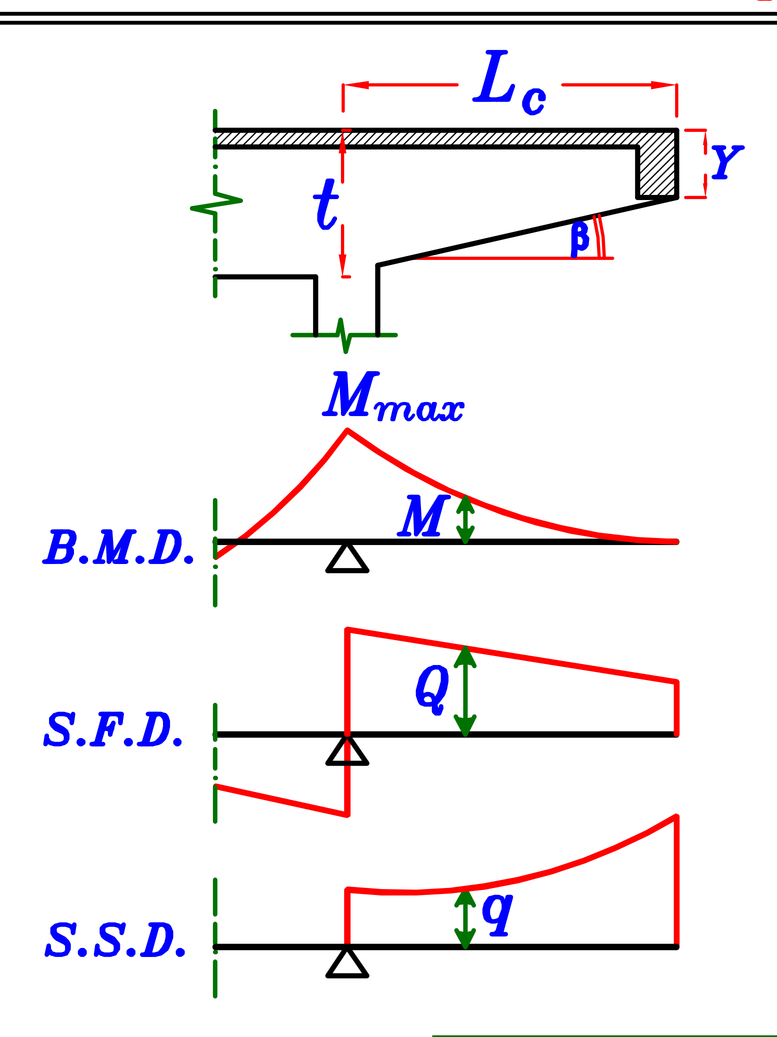
Allowable Shear Stresses For Concrete.

لا يوجد تغيير فى مقاومه الخرسانه للـ Shear

$$q_{cu} = 0.24 \sqrt{\frac{F_{cu}}{\gamma_c}} \quad N\backslash mm^2$$

$$q_{max} = 0.70 \sqrt{\frac{F_{cu}}{\gamma_c}} \leqslant 4.0 \; N\backslash mm^2$$

Shear stress For a variable depth Beam.



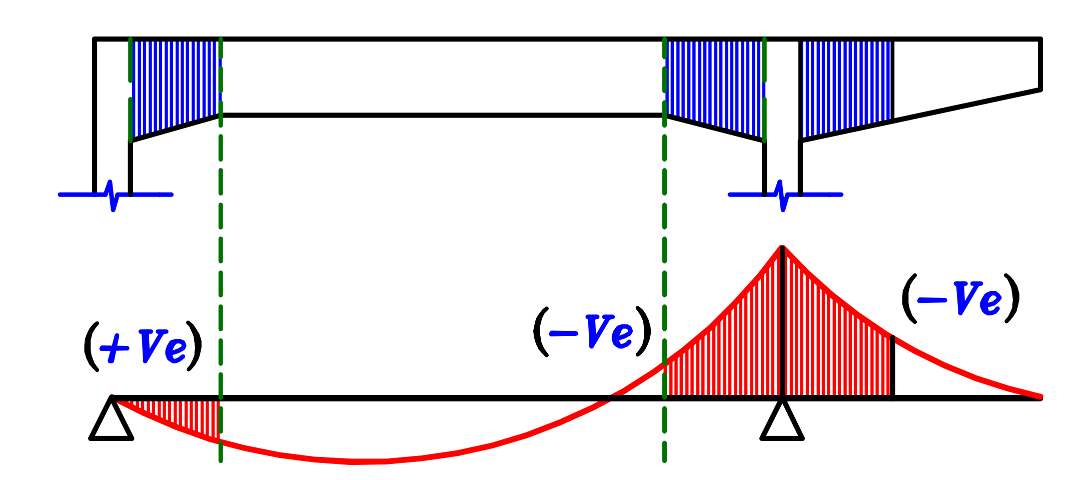
Actual Shear Stress at any point in the variable depth Beam.

$$q_U = \frac{Q}{b\,d} \pm \frac{M \tan\beta}{b\;d^2}$$

الإشاره سالبة $(-Ve)$ إذا كان M , d يزدادا أو يقلا مع بعض .

الإشاره موجبة $(+Ve)$ إذا كان M , d يزدادا أو يقلا عكس بعض.

Example.

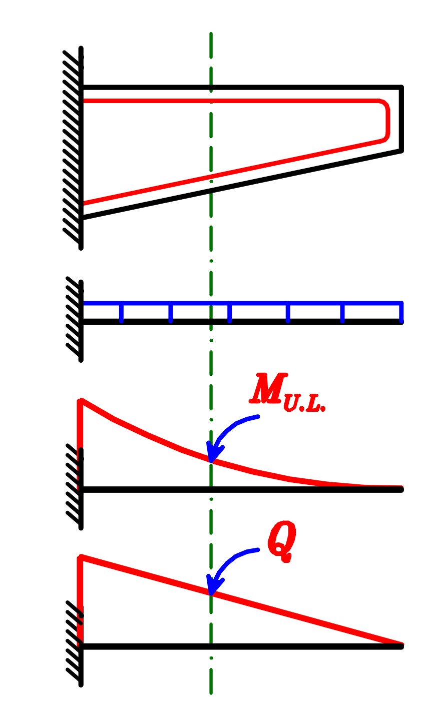


Shear stress at any point in the variable depth beam.

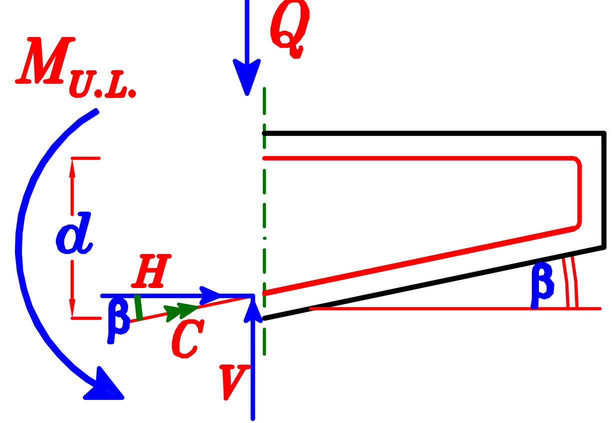


* When d increase with M increase.

عندما يكون الـ M , d يزدادا أو يقلا مع بعض .
سيكون الحديد المائل عليه Compression
و بتحليل قوه الضغط المائله الى مركبه راسيه V
و مركبه افقيه H



$$V = C * \sin\beta$$
$$H = C * \cos\beta$$



$$\because M_{U.L.} = H * d \longrightarrow H = \frac{M}{d}$$

$$\because H = C * \cos\beta \longrightarrow C = \frac{H}{\cos\beta} = \frac{M}{d * \cos\beta}$$

$$\because V = C * \sin\beta \longrightarrow V = \frac{M}{d * \cos\beta} * \sin\beta = \frac{M}{d} * \tan\beta$$

لان المركبه الرأسيه V فى الاتجاه المعاكس لـ Q

$$\therefore \text{Actual Shear Force} = Q - V$$

$$\therefore \text{Actual Shear Stress} = q_U = \frac{Q}{b\,d} - \frac{V}{b\,d}$$

$$\therefore \quad q_U = \frac{Q}{b\,d} - \frac{M \tan\beta}{b\,d^2}$$

إثبات

* When d increase with M increase.

عندما يكون الـ M , d يزدادا أو يقلا عكس بعض

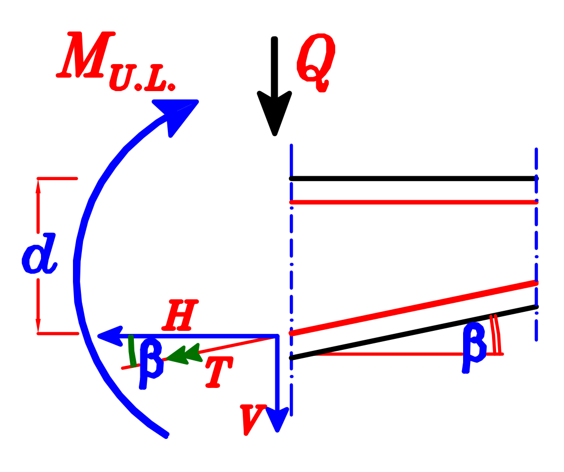
سيكون الحديد المائل عليه Tension

و بتحليل قوه الضغط المائله الى مركبه راسيه V

و مركبه افقيه H

$$V = C * \sin\beta$$

$$H = C * \cos\beta$$



$$\because M_{U.L.} = H * d \longrightarrow H = \frac{M}{d}$$

$$\because H = C * \cos\beta \longrightarrow C = \frac{H}{\cos\beta} = \frac{M}{d * \cos\beta}$$

$$\because V = C * \sin\beta \longrightarrow V = \frac{M}{d * \cos\beta} * \sin\beta = \frac{M}{d} * \tan\beta$$

لان المركبه الرأسيه V فى نفس اتجاه Q

$$\because \text{Actual Shear Force} = Q + V$$

$$\therefore \text{Actual Shear Stress} = q_U = \frac{Q}{b\,d} + \frac{V}{b\,d}$$

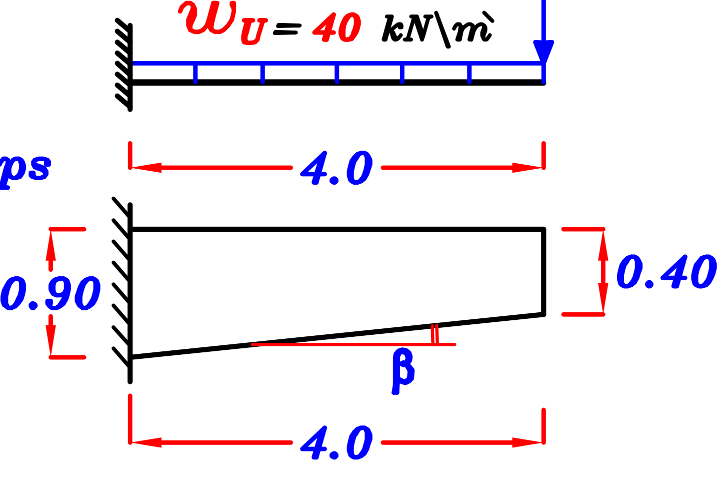
$$\therefore \quad q_U = \frac{Q}{b\,d} + \frac{M \tan\beta}{b\,d^2}$$

Example.

$F_{cu} = 25 \quad N\backslash mm^2$

$F_y = 360 \quad N\backslash mm^2$ For stirrups

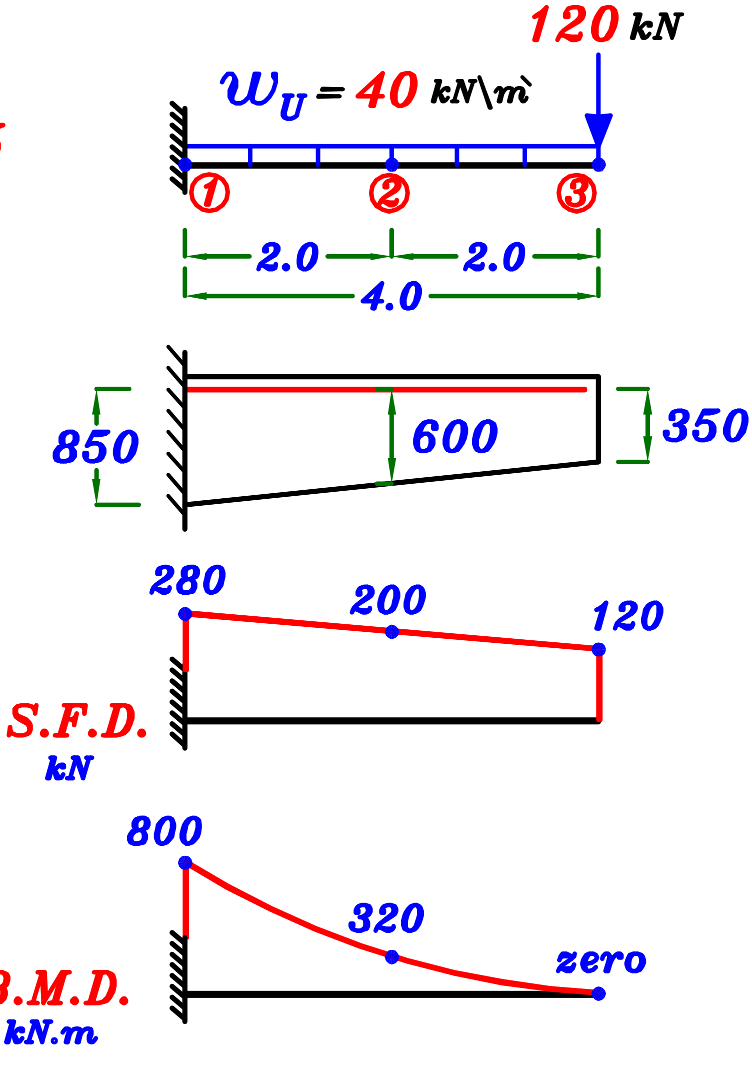
$b = 250 \ mm$



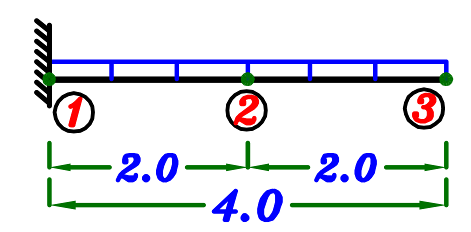
Draw Shear Stress Diagram For the Cantilever and Check Shear at critical Sections.

لرسم الـ Shear Stress Diagram سنحسب الـ stress عند ثلاث نقط و نوصل بينهم بمنحنى .
النقطه الاولى عند الـ Fixation و النقطه الثانيه فى المنتصف و النقطه الثالثه فى الطرف .

$$\tan \beta = \frac{0.9 - 0.4}{4.0} = 0.125$$



$$q_U = \frac{Q}{b\,d} - \frac{M \tan\beta}{b\,d^2}$$



Point ① $Q = 280$ kN. $M = 800$ kN.m $d = 850$ mm

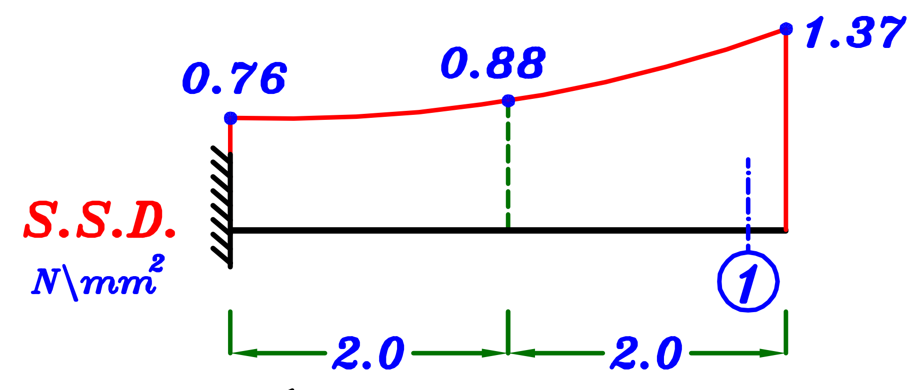
$$q = \frac{280 * 10^3}{250 * 850} - \frac{800 * 10^6 * (0.125)}{250 * 850^2} = 0.76 \ N\backslash mm^2$$

Point ② $Q = 200$ kN. $M = 320$ kN.m $d = 600$ mm

$$q = \frac{200 * 10^3}{250 * 600} - \frac{320 * 10^6 * (0.125)}{250 * 600^2} = 0.88 \ N\backslash mm^2$$

Point ③ $Q = 120$ kN. $M =$ zero kN.m $d = 350$ mm

$$q = \frac{120 * 10^3}{250 * 350} - zero = 1.37 \ N\backslash mm^2$$



لتحديد مكان الـ shear critical section يكون عند max. shear stress
أي أنه في هذا المثال يكون عند الطرف .

Check Shear.

– Allowable shear stress.

$$- \ q_{cu} = 0.24\sqrt{\frac{F_{cu}}{\gamma_c}} = 0.24\sqrt{\frac{25}{1.5}} = 0.98 \ N\backslash mm^2$$

$$- \ q_{max.} = 0.70\sqrt{\frac{F_{cu}}{\gamma_c}} = 0.70\sqrt{\frac{25}{1.5}} = 2.85 \ N\backslash mm^2$$

Sec. ①

– Actual shear stress. $q_U = 1.37\ N\backslash mm^2$

$\therefore\ q_{cu} < q_U < q_{max.}$ $\therefore$ We need Stirrups more Than $5\phi 8\backslash m'$

$$\therefore \text{Use}\quad q_s = q_u - \frac{q_{cu}}{2} = \frac{n\,A_s\,(F_y\backslash \delta_s)}{b\quad S}$$

where $F_y = 360\ N\backslash mm^2$ (as given in data)

* Take $n = 2$, $\phi 8 \longrightarrow A_s = 50.3\ mm^2$

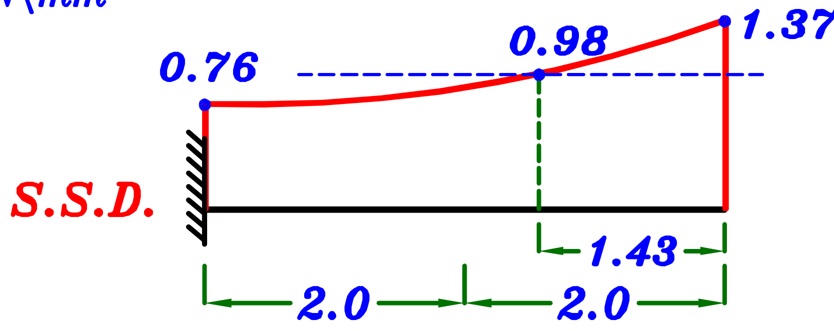
$$1.37 - \frac{0.98}{2} = \frac{2 * 50.3\ (360\backslash 1.15)}{250\quad S} \longrightarrow S = 143.1\ mm > 100\ mm \therefore \text{o.k.}$$

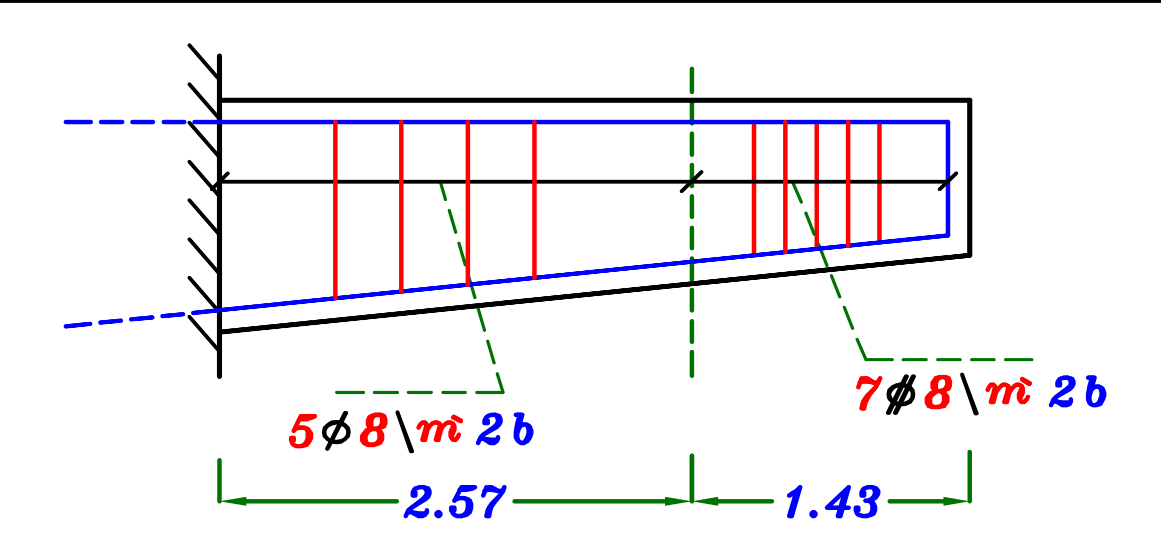
$$\therefore \text{No. of stirrups}\backslash m' = \frac{1000}{S} = \frac{1000}{143.1} = 6.98 = 7.0$$

$\therefore$ Use Stirrups $7\phi 8\backslash m'$ 2 branches

لتحديد مكان ال min. shear RFT. نوقع قيمه q_{cu} على منحنى ال stress بنفس ال scale

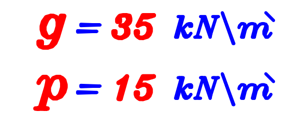
$$q_{cu} = 0.24\sqrt{\frac{F_{cu}}{\delta_c}} = 0.98\ N\backslash mm^2$$





Example.





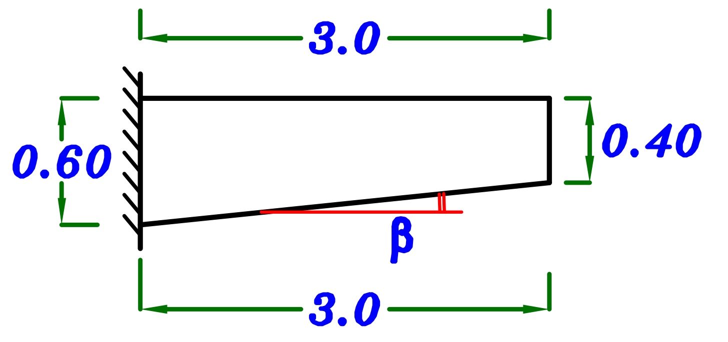




$F_{cu} = 25 \quad N\backslash mm^2$

$F_y = 360 \quad N\backslash mm^2$ **For stirrups**

$b = 250 \; mm$

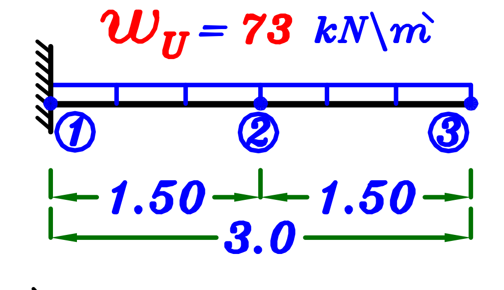


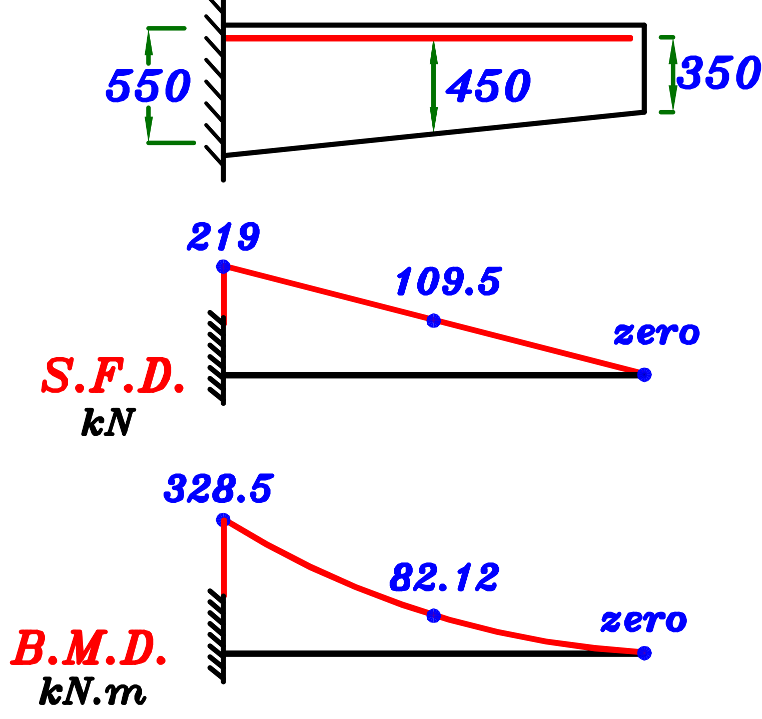
Draw Shear Stress Diagram For the Cantilever and Check Shear at critical Sections.

لرسم ال **Shear Stress Diagram** سنحسب ال stress عند ثلاث نقط و نوصل بينهم بمنحنى . النقطه الاولى عند ال **Fixation** و النقطه الثانيه فى المنتصف و النقطه الثالثه فى الطرف .

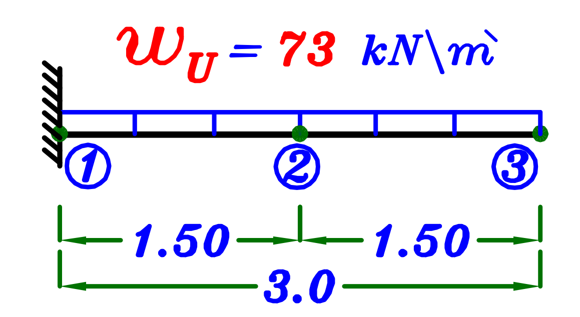
$$w_U = 1.4 * 35 + 1.6 * 15 = 73 \; kN\backslash m`$$

$$\tan\beta = \frac{0.6 - 0.4}{3.0} = 0.067$$





$$q_U = \frac{Q}{b\,d} - \frac{M \tan\beta}{b\,d^2}$$



Point ① $Q = 219$ kN. $M = 328.5$ kN.m $d = 550$ mm

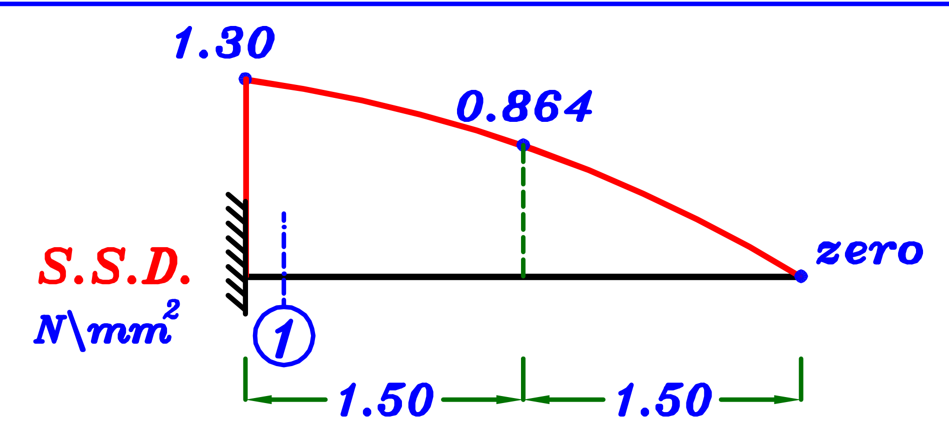
$$q = \frac{219 * 10^3}{250 * 550} - \frac{328.5 * 10^6 * (0.067)}{250 * 550^2} = 1.30 \ N\backslash mm^2$$

Point ② $Q = 109.5$ kN. $M = 82.12$ kN.m $d = 450$ mm

$$q = \frac{109.5 * 10^3}{250 * 450} - \frac{82.12 * 10^6 * (0.067)}{250 * 450^2} = 0.864 \ N\backslash mm^2$$

Point ③ $M =$ zero kN.m $Q =$ zero kN. $d = 350$ mm

$q =$ zero



لتحديد مكان ال shear critical section يكون عند max. shear stress

أي أنه في هذا المثال يكون عند ال Fixation

Check Shear.

- **Allowable shear stress.**

- $q_{cu} = 0.24\sqrt{\frac{F_{cu}}{\gamma_c}} = 0.24\sqrt{\frac{25}{1.5}} = 0.98 \ N\backslash mm^2$

- $q_{max.} = 0.70\sqrt{\frac{F_{cu}}{\gamma_c}} = 0.70\sqrt{\frac{25}{1.5}} = 2.85 \ N\backslash mm^2$

Sec. ①

– Actual shear stress. $q_U = 1.30$ N\mm²

∴ $q_{cu} < q_U < q_{max.}$ ∴ We need Stirrups more Than 5 ϕ8 \m'

∴ Use $q_s = q_u - \frac{q_{cu}}{2} = \frac{n A_s (F_y \backslash \gamma_s)}{b \; S}$

where F_y = 360 N\mm² (as given in data)

* Take $n = 2$, ϕ 8 ⟶ A_s = 50.3 mm²

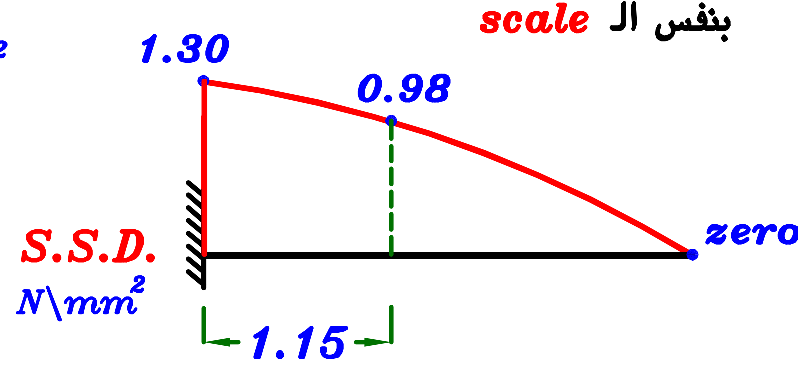
$1.30 - \frac{0.98}{2} = \frac{2 * 50.3 \; (360 \backslash 1.15)}{250 \quad S}$ ⟶ $S = 155.5$ mm > 100 mm ∴ o.k.

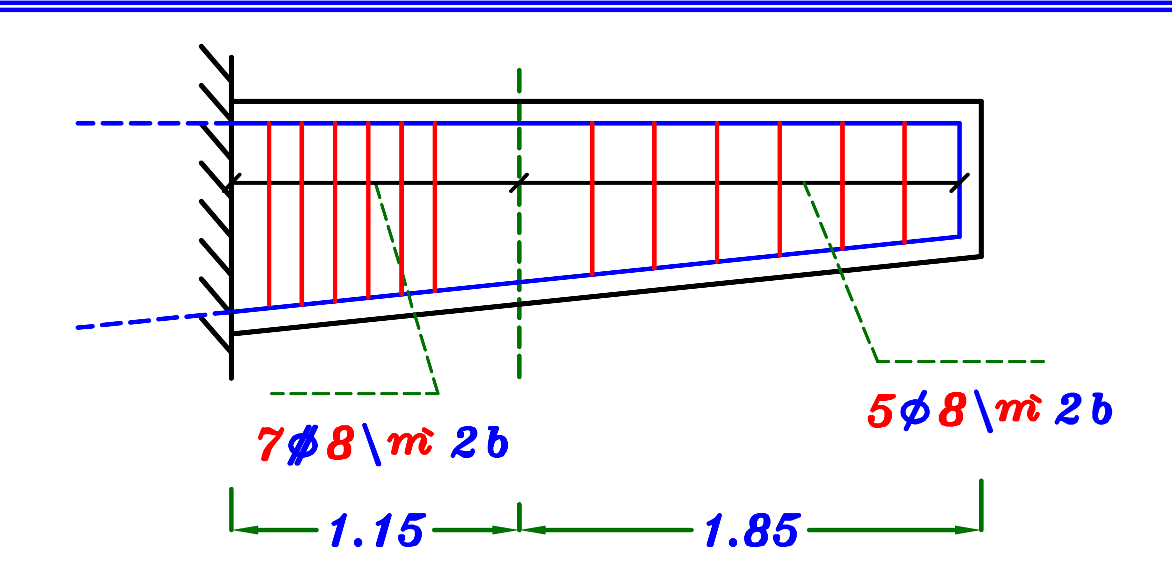
∴ No. of stirrups\m' $= \frac{1000}{S} = \frac{1000}{155.5} = 6.43 = 7.0$

∴ Use Stirrups **7ϕ 8 \m'** 2 branches

لتحديد مكان ال min. shear RFT. نوقع قيمه q_{cu} على منحنى ال stress بنفس ال scale

$q_{cu} = 0.24 \sqrt{\frac{F_{cu}}{\gamma_c}} = 0.98$ N\mm²





Example.

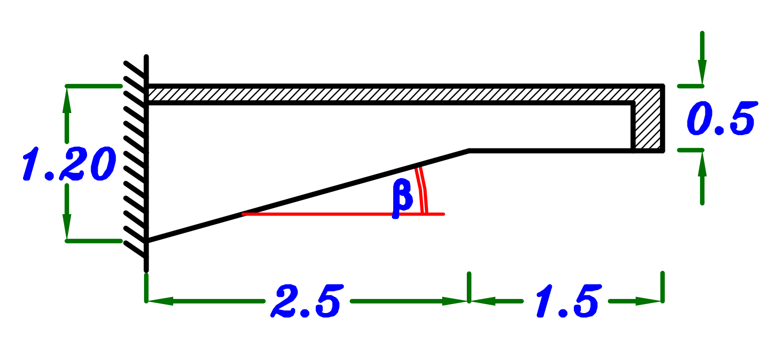
$F_{cu} = 25 \ N\backslash mm^2$

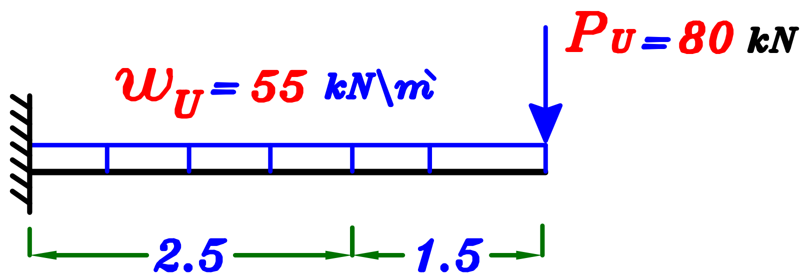
$F_y = 360 \ N\backslash mm^2$ For main RFT.

$F_y = 240 \ N\backslash mm^2$ For stirrups

$b = 300 \ mm$

Take cover $= 50 \ mm$





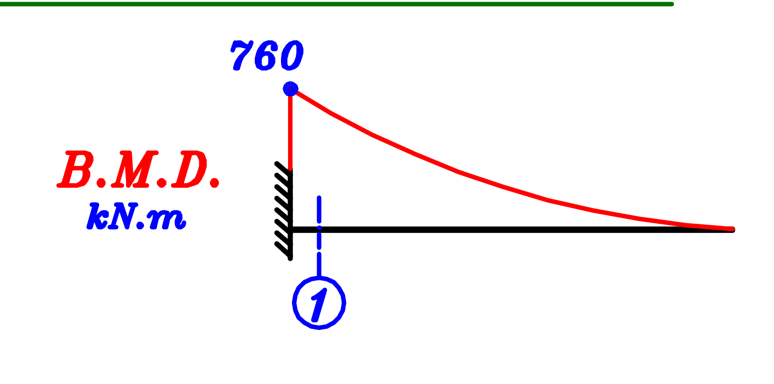
Req.

① Design of the critical sections of the cantilever to satisfy the moment requirements using the given dimensions.

② Draw Shear Stress Diagram For the Cantilever and Check Shear at critical Sections.

③ Draw Details of RFT. For the Cantilever. to scale (1:50) and cross sec. to scale (1:20)

Solution. Sec. ①



$M_{U.L.} = 760 \ kN.m$

R–Sec.

$d = 1200 - 50 = 1150 \ mm$ (as given in data.)

$$1150 = C_1 \sqrt{\frac{760 * 10^6}{25 * 300}} \longrightarrow C_1 = 3.61 \longrightarrow J = 0.786$$

$$\therefore A_s = \frac{M_{U.L.}}{J \ F_y \ d} = \frac{760 * 10^6}{0.786 * 360 * 1150} = 2335.5 \ mm^2$$

Check $A_{s\,min.}$ $A_{s_{req.}} = 2335.5\ mm^2$

$$\mu_{min.}\, b\, d = \left(0.225 * \frac{\sqrt{F_{cu}}}{F_y}\right) b\, d = \left(0.225 * \frac{\sqrt{25}}{360}\right) 300 * 1150 = 1078\ mm^2$$

$\therefore A_{s_{req.}} > \mu_{min.}\, b\, d$ $\therefore$ Take $A_s = A_{s_{req.}} = 2335.5\ mm^2$



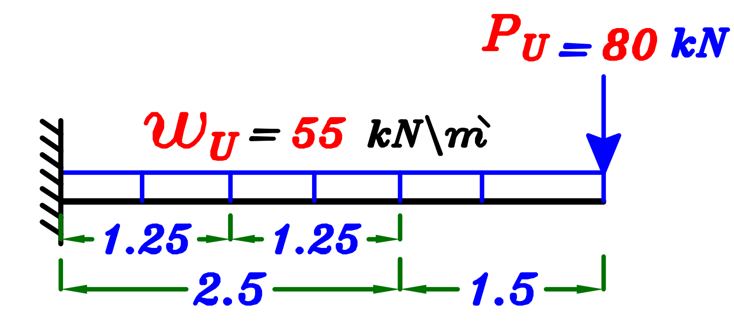
$$\therefore n = \frac{b - 25}{\phi + 25} = \frac{300 - 25}{16 + 25} = 6.70 = 6.0$$

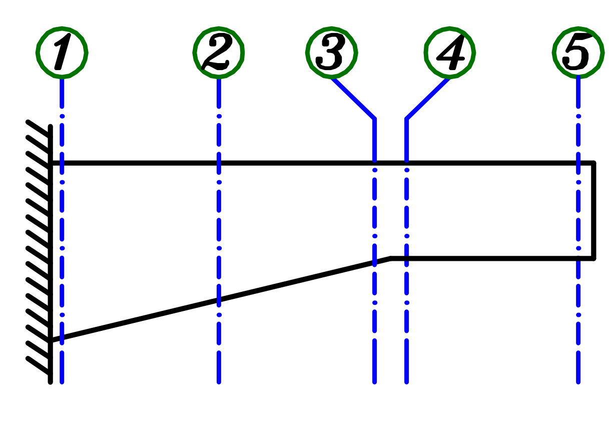
Stirrup Hangers $= (0.1 \rightarrow 0.2)\, A_s = (0.1 \rightarrow 0.2)\ 2335.5$ **4 ϕ 12**

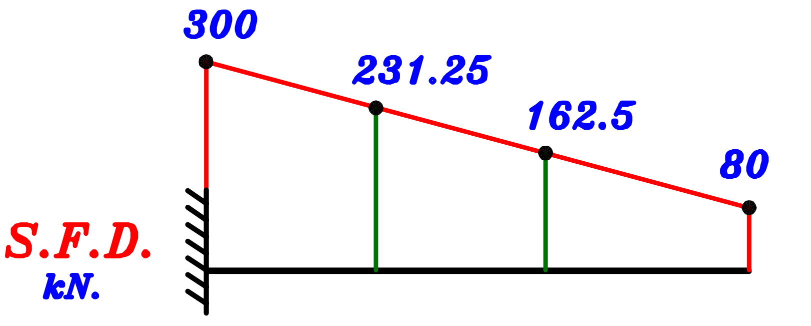
---

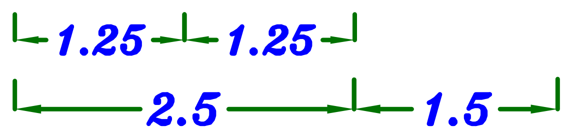
② Draw Shear Stress Diagram For the Cantilever and Check Shear at critical Sections.

لرسم ال Shear Stress Diagram سنحسب ال stress عند ثلاث نقط للجزء المائل و نوصل بينهم بمنحنى و نقطتين عند الجزء الافقى و نوصل بينهم بخط.

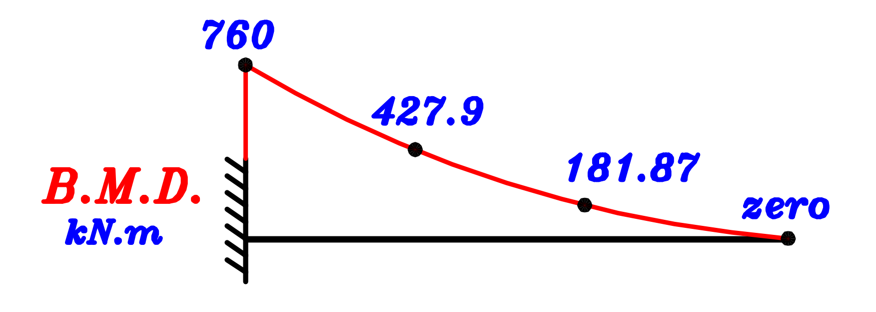


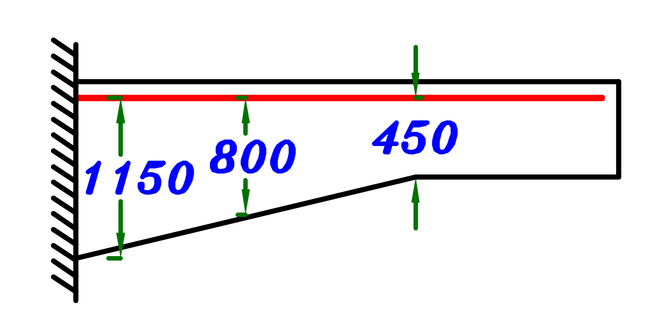






$$\tan\beta = \frac{1.2 - 0.5}{2.5} = 0.28$$





For inclined part.

$$q_U = \frac{Q}{b\,d} - \frac{M \tan\beta}{b\,d^2}$$

Point ①

$Q = 300$ kN. $M = 760$ kN.m $d = 1150$ mm

$$q = \frac{300 * 10^3}{300 * 1150} - \frac{760 * 10^6 * (0.28)}{300 * 1150^2} = 0.333 \text{ N\textbackslash mm}^2$$

Point ②

$Q = 231.25$ kN. $M = 427.9$ kN.m $d = 800$ mm

$$q = \frac{231.25 * 10^3}{300 * 800} - \frac{427.9 * 10^6 * (0.28)}{300 * 800^2} = 0.34 \text{ N\textbackslash mm}^2$$

Point ③

$Q = 162.5$ kN. $M = 181.87$ kN.m $d = 450$ mm

$$q = \frac{162.5 * 10^3}{300 * 450} - \frac{181.87 * 10^6 * (0.28)}{300 * 450^2} = 0.365 \text{ N\textbackslash mm}^2$$

For straight part.

$$q_U = \frac{Q}{b\,d}$$

Point ④

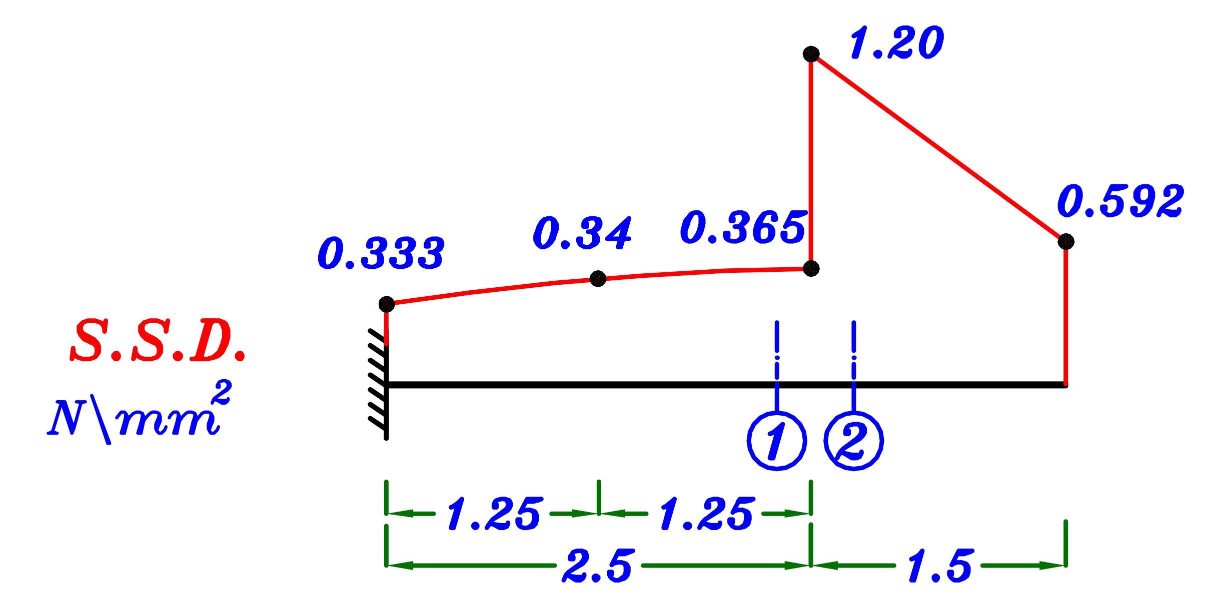
$Q = 162.5$ kN. $d = 450$ mm

$$q = \frac{162.5 * 10^3}{300 * 450} = 1.20 \text{ N\textbackslash mm}^2$$

Point ⑤

$Q = 80$ kN. $d = 450$ mm

$$q = \frac{80 * 10^3}{300 * 450} = 0.592 \text{ N\textbackslash mm}^2$$



Check Shear. – Allowable shear stress.

– $q_{cu} = 0.24\sqrt{\frac{F_{cu}}{\gamma_c}} = 0.24\sqrt{\frac{25}{1.5}} = 0.98 \ N\backslash mm^2$

– $q_{max.} = 0.70\sqrt{\frac{F_{cu}}{\gamma_c}} = 0.70\sqrt{\frac{25}{1.5}} = 2.85 \ N\backslash mm^2$

Sec. ①

– Actual shear stress. $q_U = 0.365 \ N\backslash mm^2$

$\therefore q_U < q_{cu}$ ∴ Take stirrups $5 \phi 8 \backslash m'$

Sec. ②

– Actual shear stress. $q_U = 1.20 \ N\backslash mm^2$

$\therefore q_{cu} < q_U < q_{max.}$ ∴ We need Stirrups more Than $5 \phi 8 \backslash m'$

∴ Use $q_s = q_u - \frac{q_{cu}}{2} = \frac{n A_s (F_y \backslash \gamma_s)}{b \ S}$

* Take $n = 2$, $\phi 8 \longrightarrow A_s = 50.3 \ mm^2$

$1.20 - \frac{0.98}{2} = \frac{2 * 50.3 (240 \backslash 1.15)}{300 * S} \longrightarrow S = 98.56 \ mm < 100 \ mm$

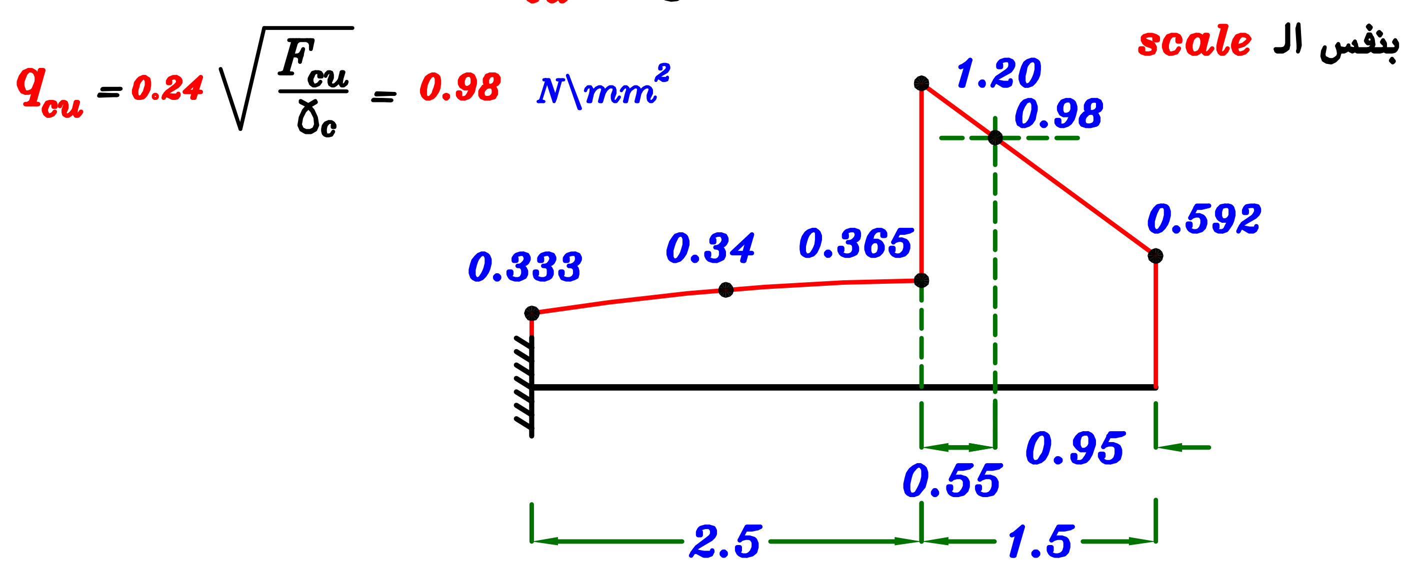
* Take $n = 2$, $\phi 10 \longrightarrow A_s = 78.5 \ mm^2$

$1.20 - \frac{0.98}{2} = \frac{2 * 78.5 (240 \backslash 1.15)}{300 * S} \longrightarrow S = 153.8 \ mm > 100 \ mm$ ∴ o.k.

∴ No. of stirrups\m' $= \frac{1000}{S} = \frac{1000}{153.8} = 6.52 = 7.0$

∴ Use Stirrups $7 \phi 10 \backslash m'$ 2 branches

لتحديد مكان ال min. shear RFT. نوقع قيمه q_{cu} على منحنى ال stress بنفس ال scale





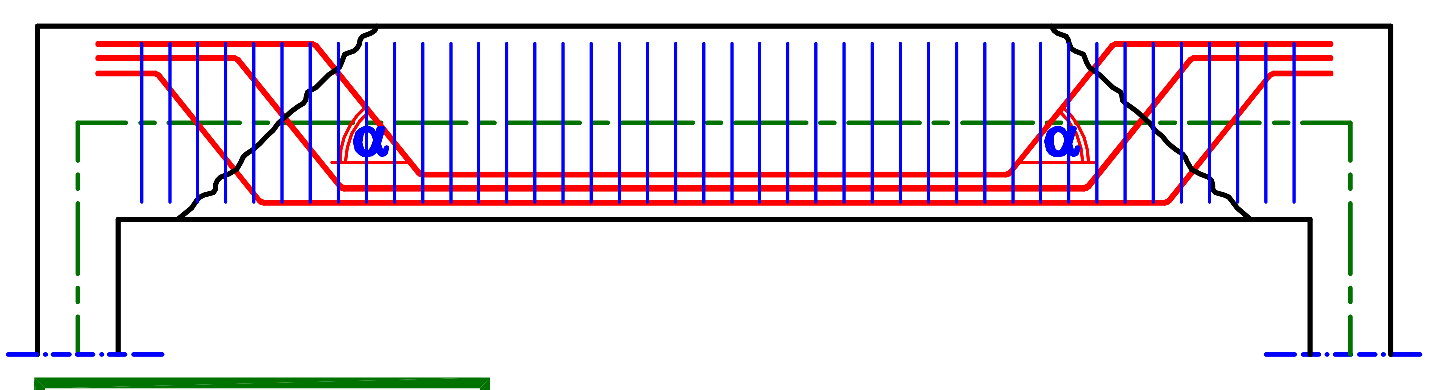
5ϕ8 \m
7ϕ10\m
5ϕ8 \m
0.55
0.95
2.50
1.50
4ϕ22
3ϕ22
4ϕ12
4ϕ12

Check Shear Using
VL. Stirrups + Bent Bars



مقاومه قوى القص بأستخدام كانات و أسياخ مكسحه

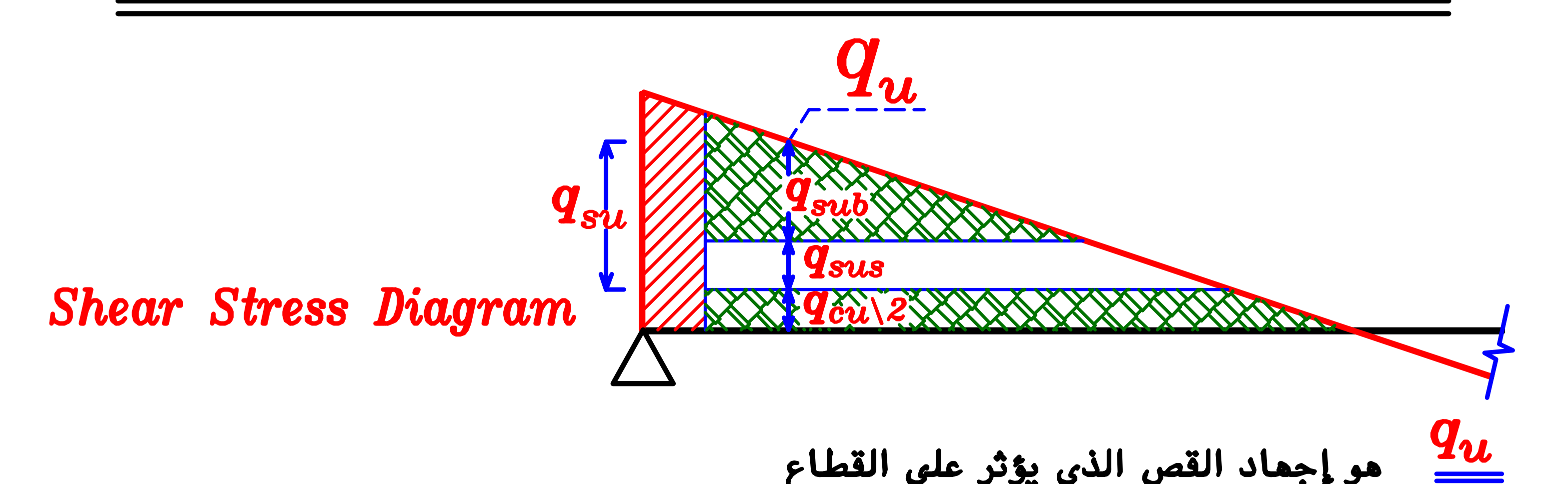
- عاده تؤخذ الكانات $5\phi8 \backslash m'$ مع الأسياخ المكسحه



زاويه ميل الأسياخ المكسحه مع الافقى α $\alpha = (30^\circ \rightarrow 60^\circ)$

و عاده تؤخذ $\alpha = 45^\circ$ إذا كانت $d \leqslant 600\ mm$

و تؤخذ $\alpha = 60^\circ$ إذا كانت $d > 600\ mm$



q_u هو إجهاد القص الذى يؤثر على القطاع

q_{su} هو إجهاد القص الذى يتحمله التسليح كله (كانات و أسياخ مكسحه معا)

$q_{cu}\backslash 2$ هو إجهاد القص الذى تتحمله الخرسانه فقط بدون أى تسليح

q_{sus} هو إجهاد القص الذى تتحمله الكانات فقط

q_{sub} هو إجهاد القص الذى تتحمله الاسياخ المكسحه فقط

$$q_{su} = q_u - \frac{q_{cu}}{2} = q_{sus} + q_{sub}$$

$$\frac{A_{sb}}{b\,S} = \frac{q_{sub}}{(F_y \backslash \gamma_s)\,(\sin\alpha + \cos\alpha)}$$

Where:

q_{sub} = Shear Stress taken by Bent Bars. ($N\backslash mm^2$)

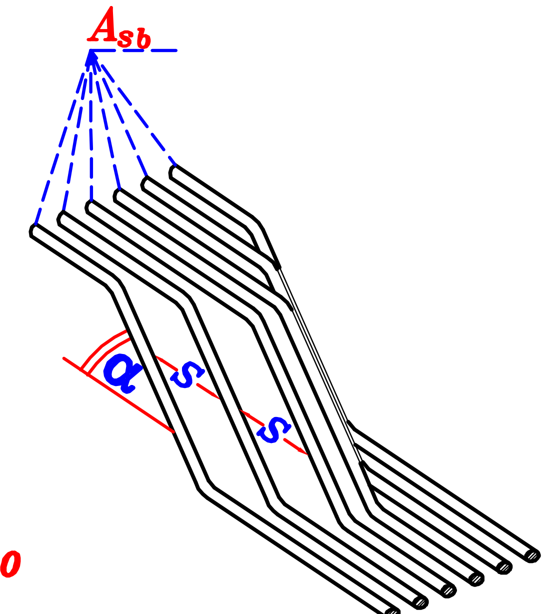
α = Angle of Inclined Bars.

b = min. width of beam.

S = Spacing between bars.

$S_{max.} = 1.5\,d$, $S_{min.} = \frac{d}{2}$

A_{sb} = مجموع مساحه الاسياخ المكسحه

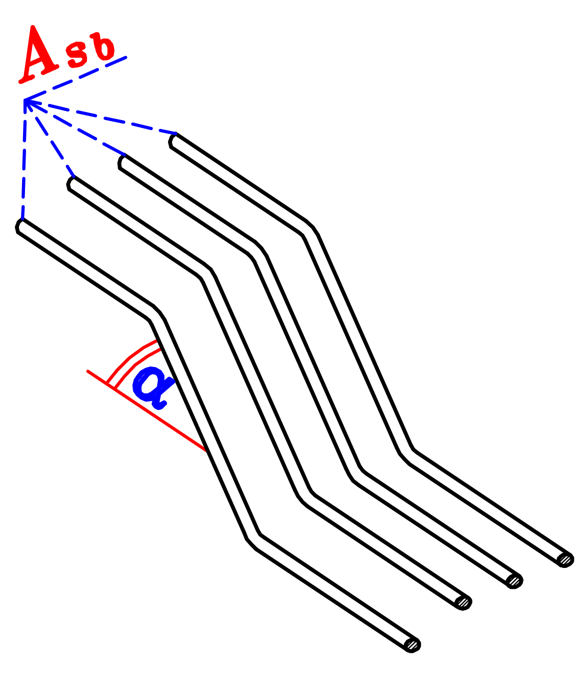


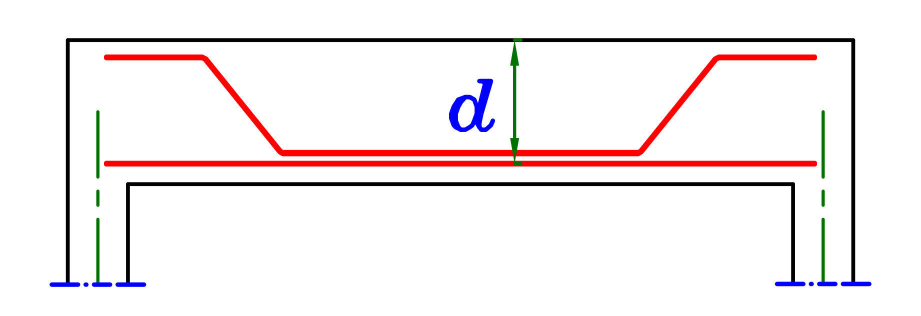
Note: For Stirrups use st. 240/350

For Bent Bars st. 360/520

اذا كان التكسيح فى صف واحد

$$\frac{A_{sb}}{b\,S} = \frac{q_{sub}}{(F_y \backslash \gamma_s)\,(\sin\alpha)}$$





Example.

$F_{cu} = 25\ N\backslash mm^2$

$b = 300\ mm \quad d = 550\ mm \quad Q_U = 250\ kN$

st. 240/350 For Stirrups

st. 400/600 For bent bars

10∅8\m

Req.

Find the area required of bent bars

1– More than one raw , Inclination angle $= 45^\circ$

2– One raw only , Inclination angle $= 55^\circ$

– Actual shear stress.

$$\therefore\ q_U = \frac{Q_{cr.}}{b\,d} = \frac{250 * 10^3}{300 * 550} = 1.52\ N\backslash mm^2$$

– Allowable shear stress.

$$-\ q_{cu} = 0.24\sqrt{\frac{F_{cu}}{\gamma_c}} = 0.24\sqrt{\frac{25}{1.5}} = 0.98\ N\backslash mm^2$$

$$-\ q_{max.} = 0.7\sqrt{\frac{F_{cu}}{\gamma_c}} = 0.7\sqrt{\frac{25}{1.5}} = 2.85\ N\backslash mm^2$$

Shear stress taking by stirrups only (q_{sus})

$$S = \frac{1000}{10} = 100\ mm$$

$$-\ q_{sus} = \frac{n\,A_s\,(F_y\backslash\gamma_s)}{b\ \ S} = \frac{2 * 50.3\ (240\backslash 1.15)}{300 * 100} = 0.70\ N\backslash mm^2$$

$$\therefore\ q_u - \frac{q_{cu}}{2} = q_{sus} + q_{sub}$$

$$\therefore\ 1.52 - \frac{0.98}{2} = 0.70 + q_{sub} \longrightarrow q_{sub} = 0.33\ N\backslash mm^2$$

1- More than one raw , Inclination angle = 45°

Take $S = d = 550\ mm$

$$\because \frac{A_{sb}}{b\,S} = \frac{q_{sub}}{(F_y \backslash \gamma_s)\sqrt{2}}$$

$$\therefore \frac{A_{sb}}{300 * 550} = \frac{0.33}{(400 \backslash 1.15)\sqrt{2}} \longrightarrow A_{sb} = 110.7\ mm^2$$

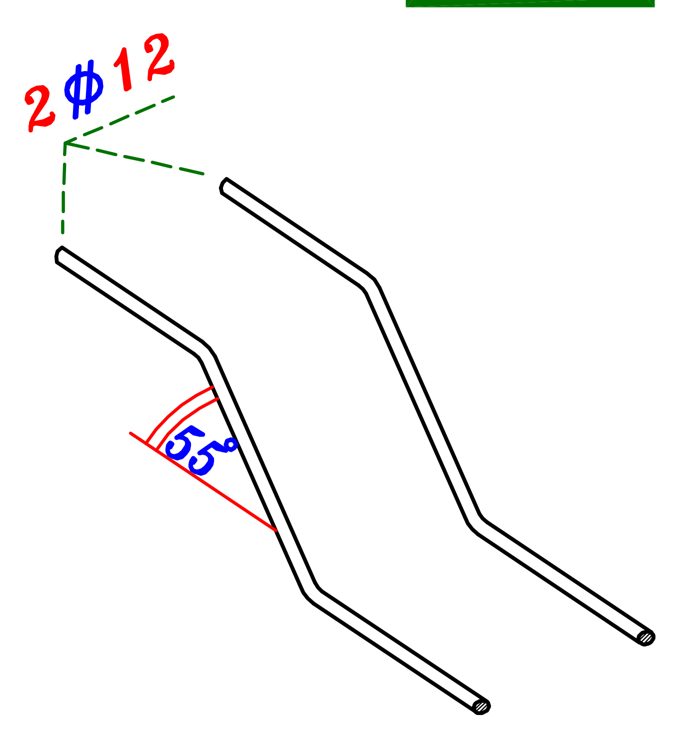
2- One raw only , Inclination angle = 55°

Take $S = d = 550\ mm$

$$\because \frac{A_{sb}}{b\,S} = \frac{q_{sub}}{(F_y \backslash \gamma_s)(\sin \alpha)}$$

$$\therefore \frac{A_{sb}}{300 * 550} = \frac{0.33}{(400 \backslash 1.15)(\sin 55^{\circ})} \longrightarrow A_{sb} = 191.1\ mm^2$$

2 Ø 12



Code Requirments & Proofs.

① $$\mu = \frac{A_{st}}{b\,S} = \frac{n\,A_s}{b\,S}$$

$$\mu_{min} = \frac{0.4}{F_y}$$ $\geqslant 0.15\ \%$ st. 240/350

$\geqslant 0.10\ \%$ st. 360/520 & st. 400/600

② **When** $b > d$

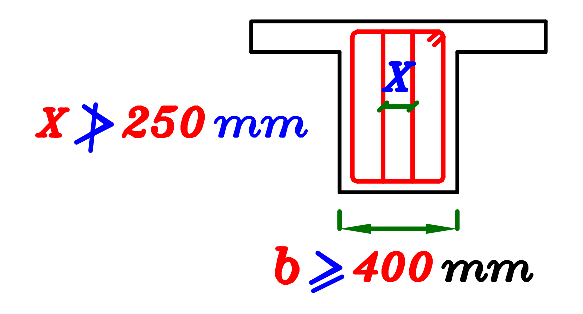
d

b

$$\mu_{min} = \frac{0.4}{F_y} * \frac{q_U}{q_{cu}}$$

Where $\frac{q_U}{q_{cu}} < 1.0 \longrightarrow$ **reduce Factor**

③ **When** $b > t$ **or** $b \geqslant 400\ mm \longrightarrow$ **Take** $n = 4$



t

b > t

④ لا نحتاج لوضع كانات فى كلاً من

- Slabs البلاطات
- Footings القواعد
- Beams $t \leqslant 250\ mm$

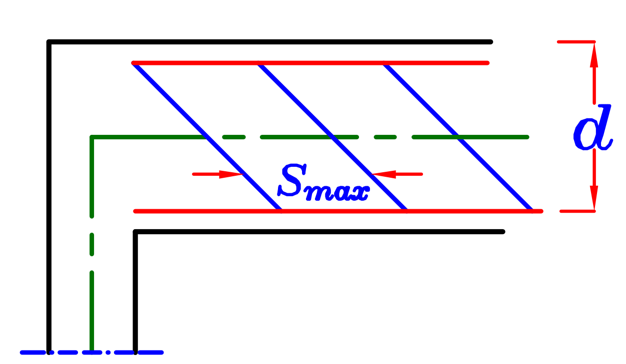
$t \leqslant 0.5\ b$

$t \leqslant 2.5\ t_s$

always $$q_u \leqslant q_{cu} = 0.16\sqrt{\frac{F_{cu}}{\gamma_c}}$$ $N\backslash mm^2$

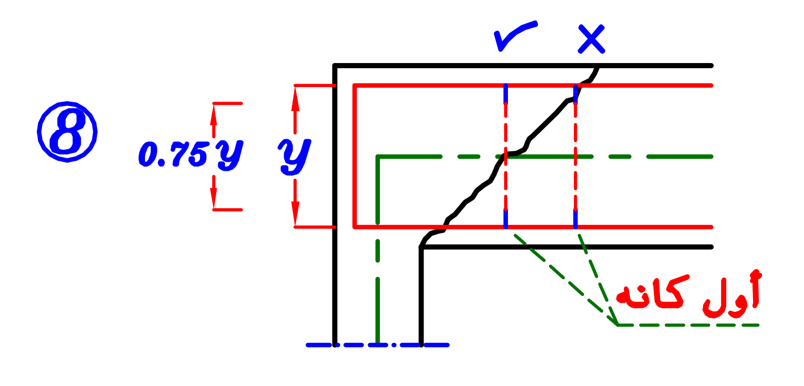
⑤ F_y (For Stirrups) $\leqslant 400 \; N\backslash mm^2$

⑥ For Vertical Stirrups.



$$S_{max} = \left\{ \begin{array}{l} \frac{d}{2} \\ 200 \; mm \end{array} \right\}$$ الاقل

⑦ For Inclined Stirrups or Bent Bars.



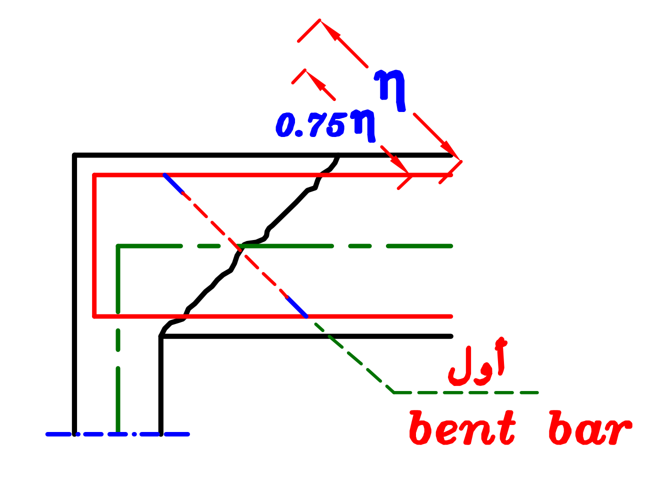
$S_{max} = d \xrightarrow{when} q_u > 1.5 \, q_{cu}$



$S_{max} = 1.5 \, d \xrightarrow{when} q_u \leqslant 1.5 \, q_{cu}$

$S_{max} = 2.0 \, d \xrightarrow{when} q_u \leqslant q_{cu}$

⑧



حتى تصبح الكانه أو ال bent bar فعاله يجب أن يقطع

الشرخ فى طولها الفعال $0.75 \, y$

⑨ Shear Force لا نوقف الصب عند أكبر

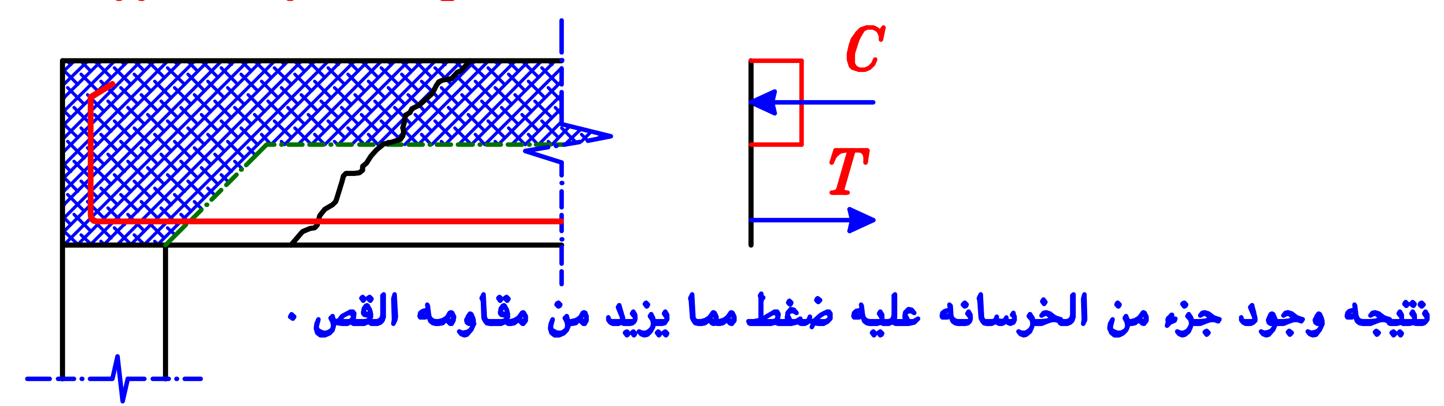
Nominal Ultimate concrete resistance. (q_{cu})

$$q_{cu} = 0.24\sqrt{\frac{F_{cu}}{\gamma_c}} \quad N\backslash mm^2$$

هو اجهاد القص الذى تتحمله الخرسانه بدون تسليح للقص فى حاله وجود عزوم انحناء فقط.

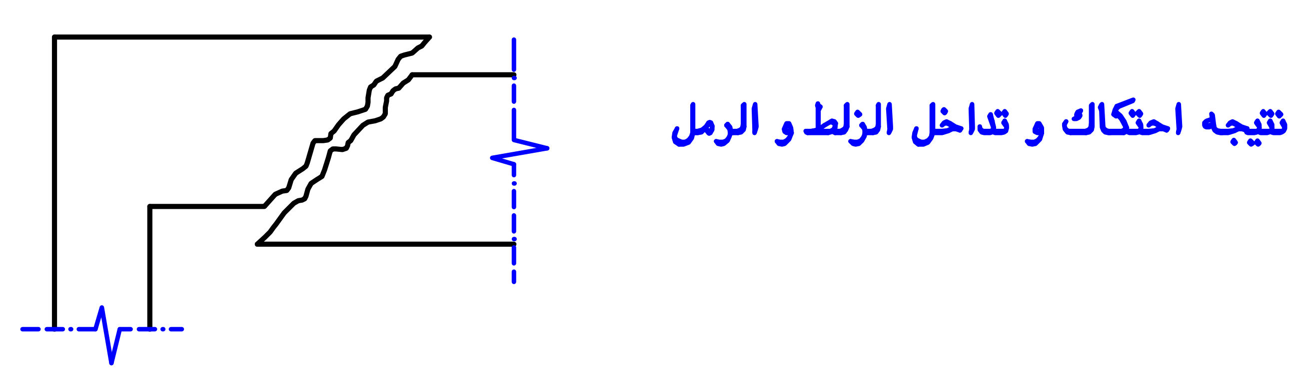
و مقاومه الخرسانه بمفردها للقص يكون ناتج من :

a – Effect of compression Block.



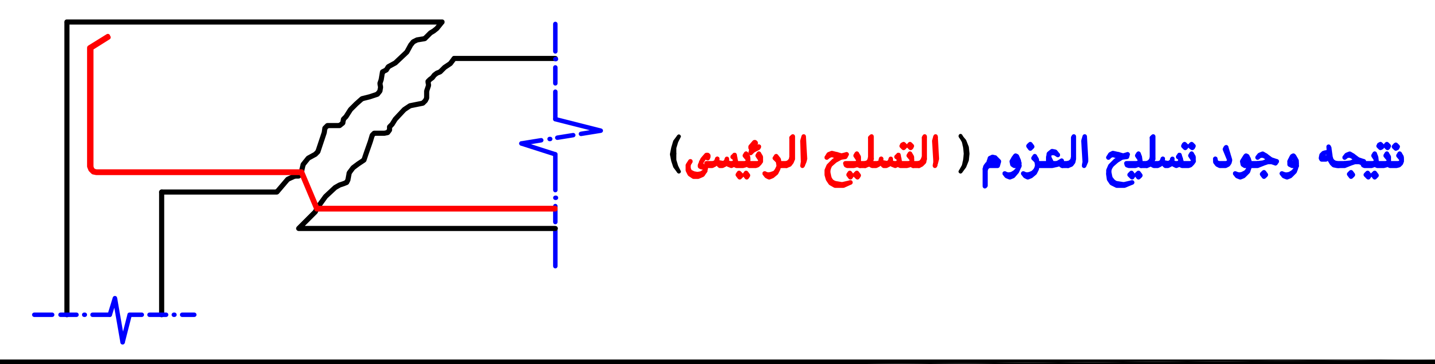
نتيجه وجود جزء من الخرسانه عليه ضغط مما يزيد من مقاومه القص .

b – Aggregate interlocking.



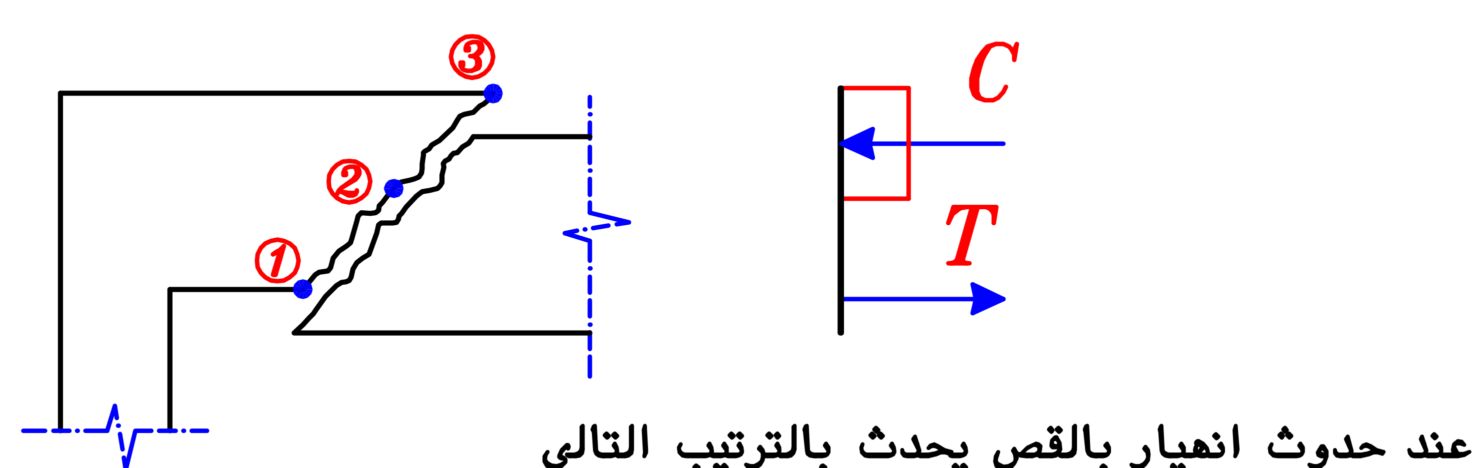
نتيجه احتكاك و تداخل الزلط و الرمل

c – Effect of Dowel action.



نتيجه وجود تسليح العزوم (التسليح الرئيسى)

Why is th Shear Failure is a brittle Failure ?



عند حدوث انهيار بالقص يحدث بالترتيب التالى

يبدأ الشرخ من جهه الشد النقطه ① ثم الى النقطه ②

ثم يكتمل الانهيار عند وصول الشرخ الى جهه الضغط الى النقطه ③

و لانه عند لحظه الانهيار يكون الشرخ عند منطقه الضغط فيكون انهيار مفاجئ

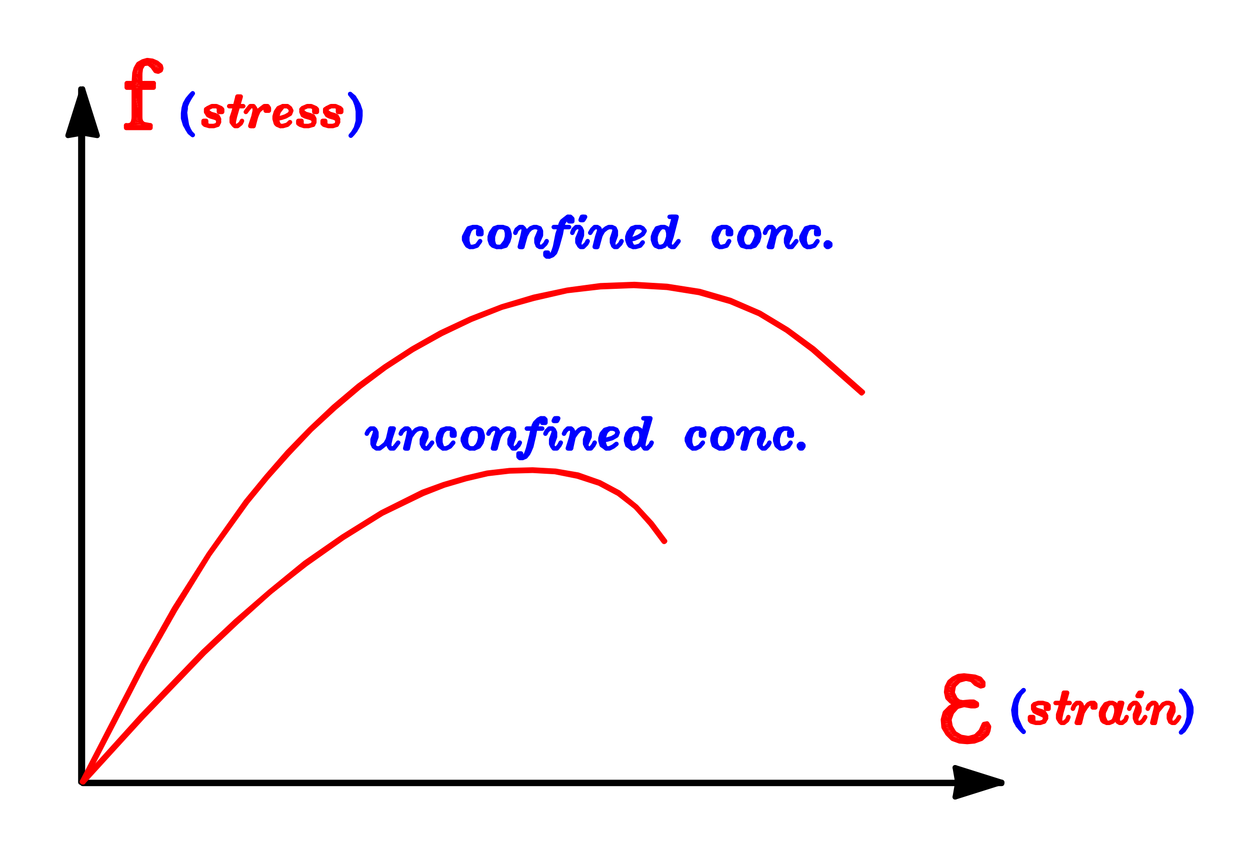
When $q_U < q_{cu}$

We don't need shear reinforcement.

Why we use min. shear RFT. $5 \phi 8 \backslash m'$

1- To avoid brittle shear Failure in case of over loading.

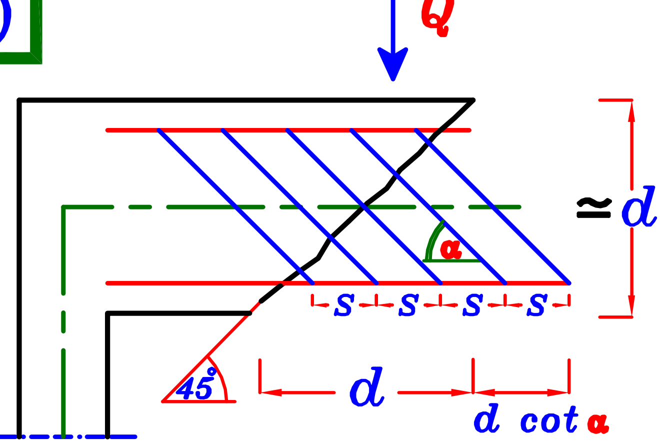
2- To provide more confinement for concrete.



Proof.

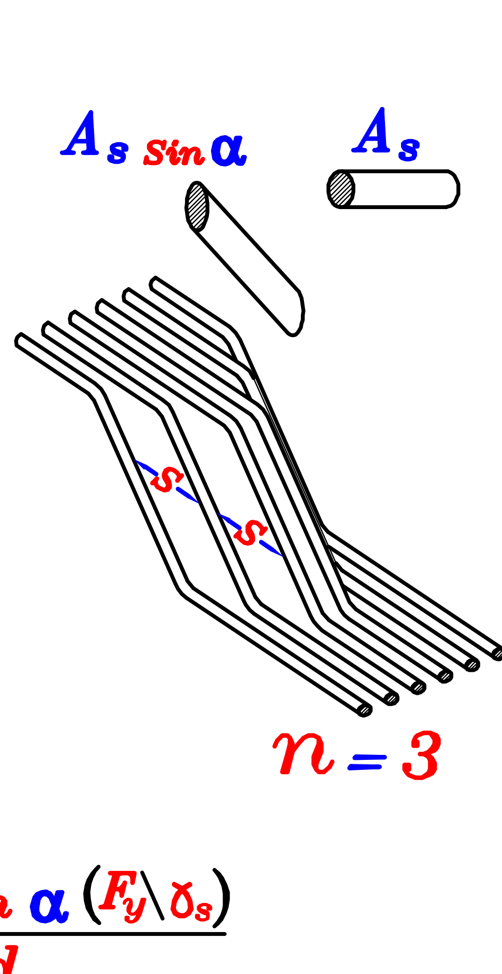
Proof that.

$$\frac{A_{sb}}{b\,S} = \frac{q_{sub}}{(F_y \backslash \gamma_s)\ (\sin\alpha + \cos\alpha)}$$



Q_{sub} = Shear Force taken by bent bars.

$$Q_{sub} = n\ A_{sb}\ \sin\alpha\ \left(\frac{F_y}{\gamma_s}\right) = area * stress$$



Where:

$$n = \frac{d\,(1+\cot\alpha)}{S}$$ عدد الاسياخ المكسحه

A_{sb} = مجموع مساحه الاسياخ المكسحه فى الصف الواحد

S = المسافه بين الاسياخ

$$\therefore\ q_{sub} = \frac{Q_{sub}}{b\,d} = n\ \frac{A_{sb}\ \sin\alpha\ (F_y \backslash \gamma_s)}{b\,d}$$

$$= \frac{\not{d}\,(1+\cot\alpha)}{S} * \frac{A_{sb}\ \sin\alpha\ (F_y \backslash \gamma_s)}{b\,\not{d}}$$

$$\therefore\ \frac{A_{sb}}{b\,S} = \frac{q_{sub}}{(F_y \backslash \gamma_s)\ (\sin\alpha + \cos\alpha)}$$

Working stress shear design.

① **Nominal shear resistance.** (q_c)

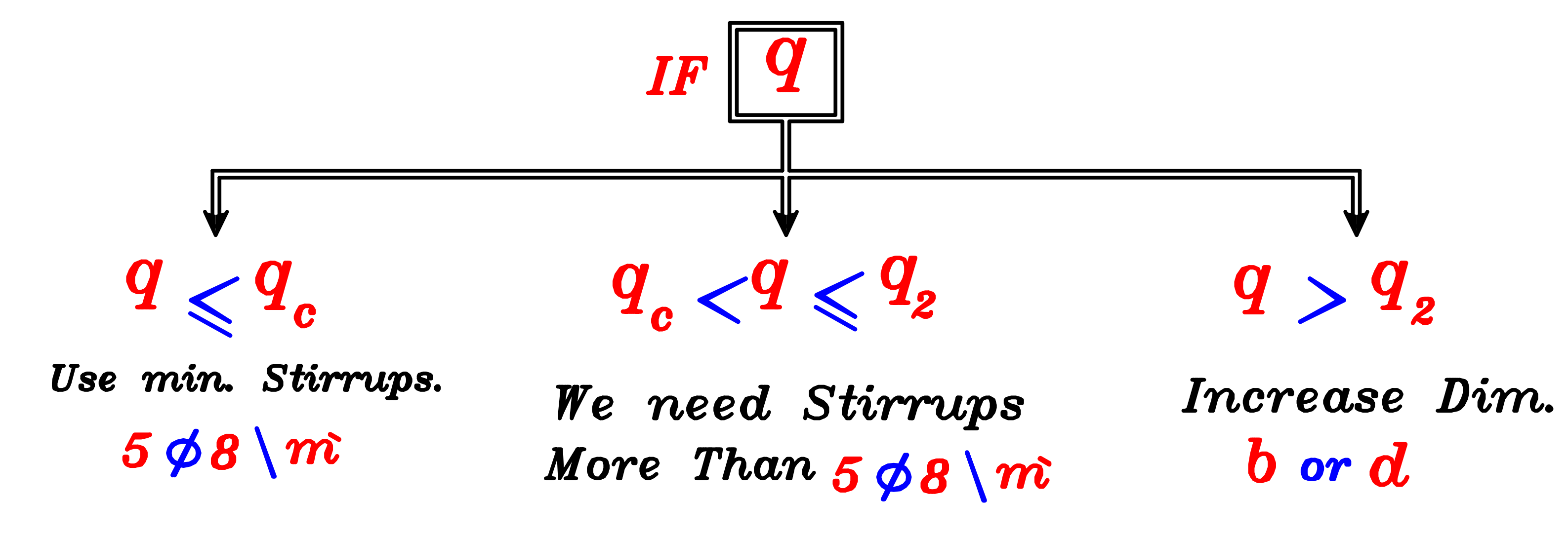
Egyptian Code Page (5–2) Table (1–5)

② **Nominal maximum shear strength.** (q_2)

Egyptian Code Page (5–2) Table (1–5)

③ **Nominal shear stress.**

$$q = \frac{Q_{cr.}}{b\,d} \quad N\backslash mm^2$$



IF $q_c < q < q_2$

$$q_{su} = q - \frac{q_c}{2} = \frac{n\,A_s\,F_s}{b\;S}$$

Get F_s From Egyptian Code Page (5–2) Table (1–5)

$$\delta_c = 1.0 \;,\quad \delta_t = Zero$$

أنواع الإجهادات	المصطلحات	إجهادات التشغيل وفقاً لرتب الخرسانة حسب مقاومتها المميزة للمكعب القياسي بعد ٢٨ يوماً (ن/مم٢)			
مقاومة الخرسانة المميزة (الرتبة)	f_{cu}	18	20	25	30
الضغط المحوري $(e=e_{min})$	f_{co}	4.5	5	6	7
الانحناء أو الضغط كبير اللامركزية	f_c	7.0	8.0	9.5	10.5
القص					
مقاومة الخرسانة للقص					
بدون تسليح في البلاطات و القواعد	q_c	0.7	0.8	0.9	0.9
بدون تسليح في الأعضاء الأخري	q_c	0.5	0.6	0.7	0.7
وجود تسليح جذعي في جميع الأعضاء (القص واللي معا)	q_2	1.5	1.7	1.9	2.1
القص الثاقب	q_{cp}	0.7	0.8	0.9	1.0
الصلب الفولاذ					
1-صلب طري 240/350	f_s	140	140	140	140
2- صلب 280/450		160	160	160	160
3-صلب 360/520		200	200	200	200
4-صلب 400/600		220	220	220	220
5-الشبك الملحوم 450/520 أملس		160	160	160	160
ذو النتوءات أو ذو العضات		220	220	220	220